

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБ НЕФТЯНОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ращепкин А.К.

(Уфимский государственный нефтяной технический университет)

Одним из эффективных и перспективных методов повышения эксплуатационной надежности и коррозионной стойкости трубопроводных систем различного назначения является применение трубопроводов из полимерных материалов. При этом их отличает большая пропускная способность и значительно меньшие затраты на изготовление и монтаж. Однако ограничивающим фактором более широкого применения труб из термопластов являются рабочие давления (до 1 МПа). В связи с этим повышение несущей способности пластмассовых труб, например, за счет их армирования позволит значительно расширить область их применения.

Был проведен сравнительный анализ результатов исследования различных композиционных материалов, применяемых для изготовления труб для нефтяной и химической промышленности

Для сравнительного анализа рассмотрены серийно выпускаемые Российскими производителями два вида труб: стеклопластиковые с различным связующим и металлопластовые полиэтиленовые [1].

Работоспособность любого конструктивного элемента будет определяться наиболее слабым звеном в его конструктивной схеме. Поэтому в качестве анализа конструктивных элементов трубопроводов различного назначения необходимо выделить составляющие компоненты, входящие в изделие. Сравнительный анализ необходимо провести не только по их индивидуальным физико-механическим и другим характеристикам, но и интегральным, т.е. получаемым в процессе объединения компонентов в конструктивной схеме изделия. В таблице 1 и 2 приведены основные физико-механические характеристики, как составных конструктивных элементов, так и изделий из них (труб).

Анализ результатов исследований, проводимых в различных научно-исследовательских предприятиях и институтах показывает, что прочностные характеристики труб из стекловолокна с любым связующим значительно превосходят металлопластовые полиэтиленовые трубы (МПТ). Они обладают меньшим удельным весом, большей жесткостью как в продольном так и радиальном направлении, следовательно, могут нести более значительную нагрузку, чем МПТ.

Существенным недостатком стеклопластиковых труб является их гигроскопичность и влагопоглощение, что существенно снижает их работоспособность, особенно в зонах с температурой колебания при их эксплуатации в отрицательном диапазоне температур (замерзание воды в теле материала при-

водит к накоплению и разрастанию микротрещин, что снижает время эксплуатации трубопровода). Для устранения трещин на поверхности трубопровода из стеклопластика требуется специальная защита внутренних и наружных поверхностей стенки трубы.

Кроме того, трубы из композиционно-волоконных материалов (КВМ) нельзя испытывать на герметичность без промежуточной термической просушки стенок. Поэтому гидроопрессовку следует осуществлять через эластичный материал, обеспечивающий герметичность внутренней полости трубы, что достаточно проблематично при проведении опрессовки в составе трубопровода.

Поскольку при испытаниях изделий из КВМ на прочность контрольный уровень напряжений на стенках трубы выше предела прочности связующего (рабочее давление испытаний по требованиям ГОСТ 25.603-82 "Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов)" и ГОСТ 24157-80 "Метод определения стойкости при постоянном давлении" составляет $P_i = (1,25 - 1,5) P_p$), то во избежание в теле трубы обилия микротрещин, приводящему к увеличению проницаемости тела трубы, необходимо в технологию пуско-наладочных (сдаточных испытаний) работ включать восстановительные операции, или ограничиваться числом нагружений, причем, величина нагрузки не должна превышать 80% несущей способности связующего от разрушающего его нагружения по телу трубы.

Таблица 1. Физико-механические характеристики составных конструктивных элементов труб МПТ и КВМ

Трубы	Материал	Плотность, 10^{-3} кг/м ³	Напряжения, МПа			Температура эксплуатации, °К	Температура деструкции, °К	Влагопоглощения, %	Усадка, %	Относит. удлинение, %
			Растяжение	Сжатие	Изгиб					
МПТ	Сталь	7,8	342-445	445	342	980	1250	-	1-1,5	до 18
	Полиэтилен	0,95-0,955	18 - 40	20 - 40	20 -36	388	563	0,01	0,3 -2	до 1320
Композиционные (КВМ)	Стекловолокно	2,4 -3,5	1470-4900	-	-	490	623	-	-	-
	Полиэфирная	1,1 -1,46	23,5 - 68,5	78 -250	108-127	393	473	0,15-0,6	4 -15	3,7 -6
	Эпоксидная	1,1 -1,4	27,4 - 66	83 - 274	58,8 -157	473	533	0,03 - 0,3	0,3 -3,6	1,2 -6
	Фенольная	1,2 - 1,36	22,5 - 78	68,5 -205	45 -118	533	573	0,15-0,6	0,3 - 7	2,4 - 3
	Кремнеорганическая	1,15 - 1,36	6,8 - 34,7	49 -103	6,8 - 96	723	873	0,05-0,2	2,1 - 4,3	0,3- 5

Таблица 2. Физико-механические характеристики труб МПТ и КВМ

Труба	Прочность, МПа			Влаго-поглощение, %	Темпера-тура деструкции, °К	Ударная вязкость кДж/м ²	Макси-мальное кол-во циклич. нагрузок	Коэфф. уста-лости
	Растяжение	Сжатие	Изгиб					
МПТ	60 -100	60 -120	80 -110	0,01	563	427,4	3*10 ⁶	0,46
КВМ: поли-эфирная Эпоксид-ная Феноль-ная	166 -392*	66,6 -166	182 -294	0,2 - 0,8	473 -533**	206 - 276	4*10 ⁴	0,3 -0,9
	343 -617,4*	147-480	245 -529	0,3 - 1,3	573 -625**	206 - 274	1,4*10 ⁵	0,2 - 0,9
	147 - 382*	98 - 343	117 -274,4	0,8 - 1,5	873**	54 - 103	1*10 ⁴	0,1-0,7

* значение в поперечном направлении армирования трубы ** температура возгорания смолы коэффициент

усталости - $K_y = \frac{\sigma_{yc}}{[\sigma]}$ при числе циклов нагружения $1*10^7$.

Степень полимеризации связующего КВМ при соблюдении всех требований технологического процесса происходит не полностью и составляет для разных связующих от (94 до 98)%. Это повышает упругие свойства изделия, но ухудшает химическую стойкость полимерного цепного строения материала связующего, что приводит к его размыванию (растворению), особенно нефтепродуктами. Полиэтилен, по сравнению со связующим стеклопластиковых труб, обладает высокой стойкостью к любым химическим соединениям, практически нерастворим в нефтепродуктах.

Экспериментально было подтверждено на образцах по исследованию влияния динамической нагрузки, что ударная вязкость полиэтилена с металлической матрицей МПТ превышает этот показатель для любых стеклопластиковых труб в несколько раз. Кроме того, количество циклов нагружения на рабочем давлении при максимальной амплитуде (10% от рабочего давления в трубопроводе) практически на целый порядок выше для трубы МПТ, чем для труб из стеклопластика (см. данные табл. 2). При частоте динамической нагрузки более 25 Гц стеклопластиковым трубам свойственно хрупкое разрушение. Поэтому в требованиях международного стандарта АWWA по проведению испытаний на циклическую нагрузку предельной частотой нагрузки является частота в диапазоне частот до 25 Гц. Необходимо подчеркнуть, что хотя коэффициент усталости для полиэтилена лежит в диапазоне значений для труб КВМ, но благодаря значительному превышению ударной вязкости у труб МПТ и достаточной стабильности этого коэффициента, по сравнению со стеклопластиковыми трубами, достигается значительно более высокая работоспособность этих труб при динамической и циклической нагрузке.

Коэффициент трения любого материала по полиэтилену значительно ниже, чем по любому связующему в трубе КВМ. Это позволяет существенно

снизить энергозатраты при осуществлении транспортировки жидких сред по трубопроводу из МПТ, особенно на протяженных трубопроводах.

Проводя сравнительный анализ применения труб из КВМ и МПТ необходимо учитывать технологические и эксплуатационные требования к трубопроводам. Хотя несущая способность по статическому давлению трубопроводов из КВМ существенно превосходит трубопроводы из МПТ, но при наличии динамического давления (ударные, импульсные и циклические нагрузки) трубопроводы из МПТ являются более предпочтительными, поскольку обладают повышенной работоспособностью и способностью гасить эти колебания.

Анализируя весь имеющийся объем исследований образцов и литературных данных по исследованиям труб из стеклопластика и металлопластиковых полиэтиленовых труб необходимо обратить внимание, что при проектировании различного назначения трубопроводов и их строительстве выбор металлопластиковых полиэтиленовых труб (МПТ) может быть при следующих обстоятельствах более предпочтителен:

1. Наличие в системах различных насосов объемного сжатия, приводящих к ударным, циклическим нагрузкам.
2. Транспортировка влагосодержащих сред и нефтепродуктов особенно в климатических зонах с отрицательными температурами их эксплуатации.
3. При использовании энергосберегающих технологий при транспортировке любых жидких сред [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сальников А.Ф. Отчет НИР лаборатории диагностики Пермского государственного технического университета.