

И. В. Строганов, Р. З. Хайруллин

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

(В ТОМ ЧИСЛЕ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ)

С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОУСАЖИВАЮЩИХСЯ МУФТ ИЗ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Ключевые слова: промышленная безопасность, термоусаживающиеся муфты, эпоксидные полимеры.

Проведен анализ современного состояния магистральных трубопроводов в РФ. Разработан способ ремонта трубопроводов (в том числе из разнородных материалов) с помощью термоусаживающихся муфт с эффектом «памяти формы», изготовленных из композиционных материалов на основе эпоксидных полимеров

Keywords: the industrial safety, thermotaking seat couplings, epoxy polymers.

The analysis of a current state of the main pipelines is carried out to the Russian Federation. The way of repair of pipelines (including from diverse materials) by means of thermotaking seat couplings with effect of the "shape memory", made of composite materials on the basis of epoxy polymers is developed

Введение

Трубопроводные конструкции и системы находят широкое применение практически во всех отраслях промышленности. Трубопроводы относятся к категории энергонапряженных объектов, отказы которых сопряжены со значительным материальным и экологическим ущербом. Многочисленные отказы на трубопроводах, транспортирующих пожаровзрывоопасные продукты, ядовитые компоненты и токсичные среды, приводят к локальным и общим загрязнениям окружающей среды, создают повышенный риск возникновения опасности для персонала и населения.

Определяющим критерием безопасности эксплуатации нефтегазопроводов является их конструктивная надёжность, заключающаяся в их способности выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные свойства в течение требуемого промежутка времени "жизненного цикла".

Старение действующих трубопроводных систем (в России и СНГ около половины магистральных и промысловых трубопроводов имеют срок эксплуатации более 30 лет) увеличивает опасность аварий. Несмотря на изоляцию и электрохимическую защиту, отдельные участки длительно работающих трубопроводов имеют наружные коррозионные поражения. Глубокие локальные коррозионные поражения металла труб в виде коррозионных «язв» создают опасность образования «свищей» и разгерметизации трубопровода. В ряде случаев ремонт трубопроводов с помощью традиционных методов (вырезка и врезка катушки, установка ремонтных конструкций, заварка дефектов наплавкой) не представляется возможным из экономических, организационно-технических, погодных и почво-климатических условий [1].

Одним из путей решения данной проблемы является постепенная замена традиционно используемых для изготовления трубопроводов

материалов на полимерные материалы, которые имеют целый ряд преимуществ:

- более низкая стоимость при равных значениях максимального рабочего давления;
- повышенный гарантированный срок службы до 50 лет;
- отсутствие катодной защиты;
- коррозионная и химическая стойкость полимеров к ряду агрессивных веществ;
- отсутствие заиливания и образования накипи на внутренней поверхности труб;
- уменьшение вероятности разрушения трубопроводов при замерзании транспортируемой жидкости, так как при замерзании в трубопроводах транспортируемой жидкости труба увеличивается в диаметре, приобретая прежний размер при оттаивании жидкости;
- масса трубы, изготовленной из полимерного материала, в 5-7 раз меньше массы аналогичной стальной трубы при равном значении максимального рабочего давления;
- отсутствие выделения вредных веществ, что позволяет использовать полимерные трубы для систем питьевого водоснабжения.

Для соединения труб, изготовленных из термопластов наряду с резьбо-фланцевыми соединениями, применяют технологии с использованием сварки. Однако данный способ не всегда является оптимальным. Проблемы возникают при необходимости соединения труб из разнородных материалов (сталь, чугун, полимер, стекло, керамика) в различных сочетаниях.

В качестве альтернативного метода соединения труб в России и за рубежом в последние годы успешно развиваются техническое и научное направления по разработке и использованию клеевых технологий при соединении и ремонте трубопроводов [2-5].

В основе технологии соединения труб с применением термоусаживающихся муфт лежит механизм, заключающийся в том, что при пластической деформации полимера может быть реализовано неравновесное напряженное состояние, которое при нагревании до определенных

температур «релаксирует» с восстановлением первоначальной формы изделия [6, 7]. Это свойство носит название эффекта «памяти формы» (эффект термоусадки).

Оптимизация условий соединения труб (выбор рецептуры клея, режимов отверждения, усадки, дорнирования и пр.) позволила разработать как технологию получения муфт и фитингов, так и технологию формирования муфто-клеевых соединений (рис. 1).

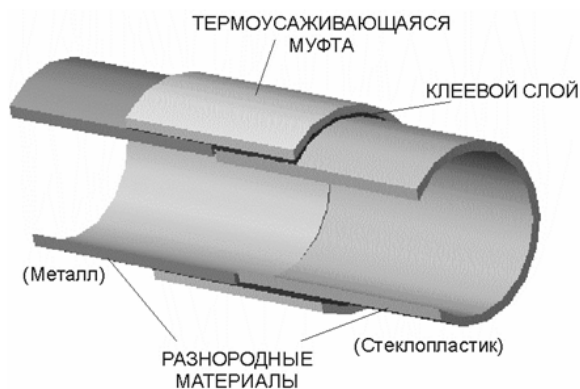


Рис. 1 - Муфто-клеевое соединение с использованием термоусаживающейся полимерной муфты с эффектом «памяти формы»

В качестве материала для изготовления муфто-клевого соединения используются различные полимерные материалы. Однако наилучшим образом для изготовления данных

изделий подходят эпоксидно-аминные полимеры, подвергнутые модификации различными химически активными соединениями для повышения эластичности трехмерной сетки, которая образуется в процессе отверждения.

Обсуждение результатов

На первом этапе была проведена сравнительная оценка различных вариантов модификации: использование нереакционноспособного пластификатора и реакционноспособных пластификаторов – флексбилизаторов (табл. 1).

Установлено, что использование пластификатора ДБФ позволяет увеличить когезионную прочность при растяжении (σ_p) и равномерном отрыве (σ_{po}) в 2-2,5 раза, адгезионную прочность при сдвиге (τ_b) в 2 раза, а относительное удлинение (ϵ_p) примерно в 4 раза. Еще более эффективным оказалось применение реакционноспособного пластификатора диэтилдиглицидового эфира диэтиленгликоля (ДЭГ-1). Так σ_p увеличивается более чем в 3 раза, τ_b и σ_{po} в 2,5 раза, а ϵ_p в 6 раз. Кроме того, установлено, что введение в композицию пластификаторов ДБФ и ДЭГ-1 приводит к снижению температуры стеклования (T_c) эпоксидных полимеров.

Таблица 1 - Физико-механические свойства эпоксинаминных составов

Композиция	Пластификатор, масс, ч.	Отвердитель*	σ_p , МПа	ϵ_p , МПа	T_c , °C	τ_b , МПа	σ_{po} , МПа
1	отсутствует	ДЭТА	20,7	0,6	46	4,6	8,8
2	ДБФ (12)	ДЭТА	50,8	2,5	35	9,0	18,5
3	ДЭГ-1 (20)	ДЭТА	65,5	3,5	40	10,0	20,5
4	СКН-18 (20)	УП-583Д	60,5	2,8	45	12,0	24,5
5	отсутствует	УП-0636**	50,0	2,5	55	15,3	28,0
6	отсутствует	УП-0636	19,0	55,0	45	17,0	27,0

* количество отвердителя рассчитано по содержанию эпоксигрупп

** стехиометрический коэффициент для УП-0636 – 3,5

Для повышения способности синтезированных эпоксидных полимеров к термоусадке был отобран ряд исходных олигомеров и отвердителей. В качестве составляющей, включающей алифатические (эластичные) фрагменты, использован ряд реакционноспособных эпоксикаучуков, так как известно, что введение

каучуков в эпоксидные полимеры оказывает существенное влияние на их упруго-деформационные и релаксационные свойства. Был отобран ряд отвердителей, содержащих ароматические и алифатические фрагменты. Установлено, что стабильный эффект термоусадки

обеспечивается при содержании в жесткой матрице 15-25% эпоксикаучуков.

Для определения строения и свойств полимеров, используемых для изготовления термоусаживающихся муфт, определена T_c , а также некоторые характеристики технологичности полимера: температура перехода в высокоэластическое состояние ($T_{вэ}$), температура деформирования (T_d), деформация в высокоэластическом состоянии (ϵ_B).

Был выработан научный подход в получении модифицированных эпоксиаминных и эпоксиангидридных композиций, предназначенных для ремонта и соединения металлических, полимерных, в том числе разнородных (металл-полимер, металл-стеклопластик и пр.) трубопроводов. Он заключается в оптимальном сочетании технологических свойств композиций (вязкости, жизнеспособности, режимов отверждения), а так же физико-механических и физико-химических свойств отвержденных полимеров и полимерных композиционных материалов.

В ходе проведенного исследования особенностей процесса термической усадки сетчатых полимеров различного строения было

установлено, что деформация указанных полимеров при температуре, превышающей температуру стеклования, с последующим "замораживанием" напряженного состояния является наиболее эффективным способом формирования термоусадки.

Выполнен теоретический анализ прочностных характеристик муфто-клеевых трубных соединений с использованием термоусаживающихся ненаполненных, дисперсно- и ориентированно наполненных полимерных композиционных муфт, позволяющих оптимизировать параметры соединений и повысить их эксплуатационную надежность.

Для эксплуатации в экстремальных условиях были разработаны варианты двухслойных термоусаживающихся муфт с наружным термопластичным и внутренним термореактивными слоями, в которых реализован эффект бандажирования.

На основании полученных данных разработан ассортимент эпоксидных адгезивов, температурный режим которых синхронизирован с усадкой муфт (табл. 2).

Таблица 2 - Свойства пеноклеев ЭПК-1 и ЭПК-2 в сравнении с отечественным и зарубежным аналогами

Показатель	ЭПК-1	ЭПК-2	ВК-9В	DY 050
Количество компонентов	4	2	4	3
Кажущаяся плотность, г/см ³	0,45±0,05	0,45±0,05	0,505±0,05	0,45±0,05
$\sigma_{сж}$, МПа				
через 1 сутки	6,5	6,0	□	3,0
через 3 суток	12,0	11,5	8,0	7,0
через 7 суток	15,0	14,0	10,5	10,0
$\sigma_{ро}$, МПа				
через 1 сутки	2,2	2,0	□	1,2
через 3 суток	4,6	4,2	1,5	2,0
через 7 суток	5,8	5,5	2,0	2,5
$\rho_v \cdot 10^{11}$, Ом·м	2,0	1,8	1,0	2,0

По результатам проведенных испытаний, представленных в табл. 2 видно, что разработанные эпоксидные адгезивы по целому ряду показателей существенно превосходят зарубежные аналоги при меньшей стоимости, что позволяет говорить об экономической целесообразности их применения в качестве замены применяемых зарубежных пеноклеев.

Заключение

Проведенные исследования позволили разработать рецептуру полимерной композиции на

основе реакционных эпоксидных олигомер-олигомерных систем для изготовления термоусаживающихся муфт с эффектом «памяти формы», а также предложить доступный способ соединения труб, изготовленных из разнородных материалов.

Литература

1. Гончаров, Н.Г. Технология ремонта дефектов трубопроводов с помощью стальных «чопов» / Н.Г. Гончаров, О.И. Колесников, Л.А. Гобарев, Е.В. Лопатин, И.А. Романова // Трубопроводный транспорт: Теория и практика. -2010. -№5. -С.58-60.

2. Агапчев, В.И. Клеевые соединения, применяемые для сооружения и ремонта объектов трубопроводного транспорта / В.И. Агапчев, Н.Г. Пермяков, А.А. Калимуллин, Х.В. Газизов // Обзорная информация ВНИИОЭНГ. -1987. -№8. - 56с.
3. Шелудченко, В.И. Тенденция развития технологий ремонта и соединения газопроводов / В.И. Шелудченко, В.Ф. Строганов // Нефтяная и газовая промышленность. - 1995. -№3. -С.30-32.
4. Агапчев В.И. Полимерные клеи для склеивания и ремонта трубопроводов. -Томск: Ин-т химии нефти СОАН СССР. 1985. -56с.]
5. Заикин, А.Е. Полимерные ленты с клеевым слоем для антикоррозионной изоляции трубопроводов/ А.Е. Заикин, С.Ю. Софьина, О.В. Стоянов О.В. // Вестн. Казан. технол. ун-та. -2010. -№ 6. -С.98-112.
6. Сверхвысокомодульные полимеры / Под. ред. А.Чиферри, И. Уорда. -Л.:Химия, 1983. -250с.
7. Строганов И.В. Когезионные и адгезионные свойства эпоксиаминных адамантансодержащих полимеров / И.В. Строганов, В.Ф. Строганов // Вестн. Казан. технол. ун-та. -2003. -№ 2. -С.379-383.

© **И. В. Строганов** - канд. хим. наук, доц. каф. каф. промышленной безопасности КНИТУ; **Р. З. Хайруллин** – к.б.н., ст. препод. той же кафедры khayrullinrz@gmail.com.

