

ПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ



Яковлев Юрий,
Технический директор
Российское представительство компании
«Georg Fischer Piping Systems Ltd.»

Всем хорошо известны негативные стороны использования металлических трубопроводов, которые зачастую перевешивают их преимущества. К ним относятся и значительный удельный вес, что требует больших затрат на транспортировку, грузоподъемные операции и механизмы, мощные опорные и фиксаторные системы, и высокая степень корродирования, особенно в агрессивных средах, что приводит к ухудшению характеристик потока, химико-физических свойств, и прочие минусы.

Хорошей альтернативой металлам во многих сферах промышленных применений в последние годы стали пластиковые трубопроводы. История производства пластиковых материалов насчитывает уже более ста пятидесяти лет, но основной этап их освоения в промышленных масштабах начался с 50-х годов 20 века. Пластиковые материалы или полимеры производятся из отдельных исходных молекул — мономеров, состоящих в основном из углерода и водорода. Часто исходным материалом для получения мономеров является сырой бензол, из которого в результате крекинга выделяют этилен, пропилен, бутилен и прочие углеводороды, и их модификации. В процессе полимеризации с использованием катализаторов, приложением энергии или введением дополнительных химических веществ удается соединить отдельные момеры в длинные цепочки — макромолекулы, тем самым, получая совершенно отличный от исходного материал — полимер. Одним из наиболее известных мономеров является этилен, химическая формула которого — C_2H_4 .

Получаемые пластики делятся на три основные большие группы по основным признакам: реактопласты, эластомеры и термопласты. Реактопласты в большинстве случаев получают при смешивании двух или более жидких компонентов, полученная смесь которых по истечении времени кристаллизуется, и получается твердый материал, который имеет на молекулярном уровне очень частую сшивку макромолекул между собой, который нельзя сваривать, зачастую нельзя склеивать, и который не растворяется, и не разбухает. Обычно реактопласты при изготовлении деталей дополнительно армируются стекловолокном или другими армирующими материалами для улучшения механических свойств конечного продукта. Известными представителями реактопластов являются фенольная смола PF, эпоксидная смола EP и эпоксидная смола, армированная стекловолокном GF-EP.

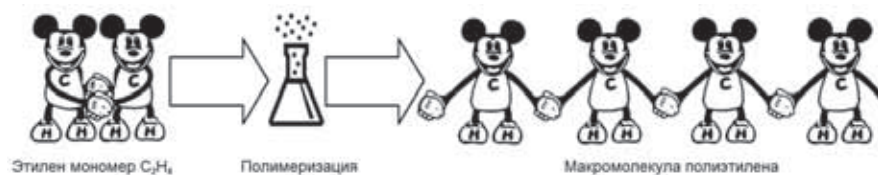
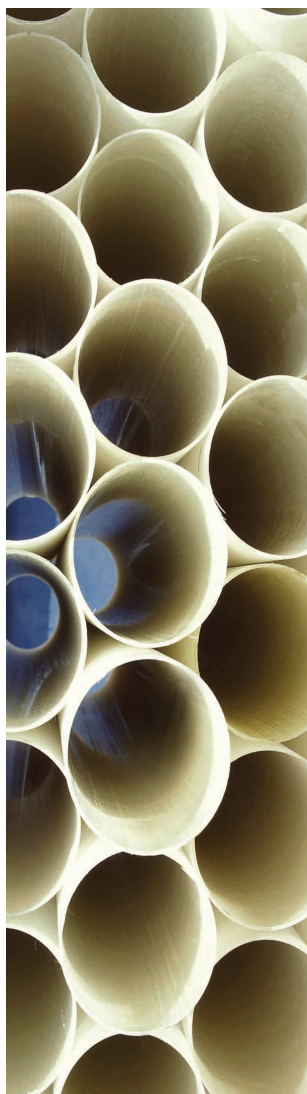


Рис. 1
Полимеризация этилена



Эластомеры, как видно уже из названия данной группы пластиков, представляют собой пластичный материал, который не сваривается, не растворяется, но при этом разбухает в растворителях, приобретающий в результате вулканизации достаточно редкую сшивку макромолекул между собой, что обеспечивает ему гибкость и упругость, однако при сильной деформации материал не восстанавливает первоначальную форму. Фактически эластомеры являются искусственным каучуком, яркими примерами которого служат этиленпропилендиеновый каучук EPDM, фторуглеродный каучук FPM и силиконовый каучук SI.

Третья группа пластиков — термопласты — обладает наиболее предпочтительными свойствами для получения элементов трубопроводов различной конфигурации и размеров, они пригодны для литья, имеют способность свариваться или склеиваться, макромолекулы термопластов имеют линейную или разветвленную молекулярную структуру, но они могут растворяться и разбухать в растворителях. Термопласты подразделяются на две основные группы — аморфные и полукристаллические. Структура молекул аморфных термопластов представляет собой хаотичное сплетение макромолекул, вследствие чего элементы этой подгруппы пластиков должны соединяться друг с другом только с помощью клея, представляющего собой растворенный аморфный термопласт того же вида, что и соединяемые элементы. После испарения растворителя из клея в месте соединения двух элементов получается однородный по химическому составу и непрерывный материал. К данной подгруппе относятся полистирол PS, поликарбонат PC и поливинилхлорид PVC. Полукристаллические термопласты кроме аморфных областей с беспорядочно спутанными нитями молекул, имеют области с четкой кристаллической структурой расположения макромолекул, что и обусловило название этой подгруппы термопластов. Благодаря наличию кристаллических областей в молекулярной структуре полукристаллические термопласты обладают высокой надежностью соединений, полученных при сварке элементов трубопровода. Вследствие этого, полукристаллические термопласты, хотя и сохраняют теоретически способность к склеиванию, тем не менее, практически никогда не используют этот вид соединения. Наиболее известными материалами полукристаллической подгруппы термопластов являются полибутилен PB, полипропилен PP и полиэтилен PE.

Для производства элементов трубопроводов используются все вышеописанные виды пластиков. Из термопластов изготавливаются корпуса измерительных приборов, приводов запорной арматуры, эластомеры используются в качестве уплотнений и герметиков, а из термопластов производятся трубы, соединительные фитинги, запорная арматура и датчики.

Основными способами изготовления элементов пластиковых трубопроводов являются экструзия и литье под давлением в форму. Процесс экструзии представляет собой непрерывное выдавливание предварительно разогретой массы пластика через формующую мат-

рицу, имеющую калиброванное отверстие определенной формы, с последующим поэтапным охлаждением и дальнейшей резкой на определенную длину. Таким методом для пластиковых трубопроводов получают только трубы ввиду постоянства размеров их поперечного сечения на большой длине. Очевидно, для изготовления отдельных небольших по размерам и геометрически сложных деталей метод экструзии неприемлем. Поэтому, изготавливается разборная литьевая форма, внутри которой создается полость, соответствующая размерам и конструкции готового изделия, в которую под давлением подается расплавленный пластик. После остывания готовое изделие вынимается из разобранной формы и после финишной обработки передается на склад. Методом литья под давлением производятся соединительные фитинги, элементы запорной арматуры и корпуса датчиков.

При изготовлении элементов пластиковых трубопроводов обращается внимание на следующий важный момент — показатель текучести материала MFR (MFI). Необходимость проверки показателя текучести связана с используемыми методами производства элементов трубопроводов, а именно, вследствие большого различия описанных выше методов становится ясно, что невозможно получить из одного и того же исходного пластикового материала и трубу и фитинг. Для изготовления трубы материал должен быть вязким, подобно смоле, чтобы избежать сплющивания трубы под собственным весом перед началом охлаждения. С другой стороны, при заливке вязкого материала в форму он будет быстро терять скорость движения в литейной форме и не сможет равномерно заполнить весь объем формы, включая небольшие пазы, кольцевые выступы и углы. Следовательно, для литья под давлением расплавленный материал должен быть более текучим. Показатель текучести MFR, соответствующий количеству пластика, вытекающего за 10 минут через калиброванное отверстие из разогретого до определенной температуры цилиндра под заданным давлением, демонстрирует различие исходного сырья для разных методов производства деталей: чем выше показатель MFR, тем более жидкий материал. Вследствие этого, один и тот же пластик имеет достаточно широкое поле допусков по показателю текучести, и показатель MFR материала, используемого для изготовления фитингов, находится ближе к верхней границе поля, а показатель для труб — ближе к нижней границе.

В чем же состоит большая привлекательность пластиковых трубопроводов по сравнению с хорошо известными металлическими трубопроводами? Пластиковые материалы, вступающие в непосредственный контакт с транспортируемой по трубопроводам средой, обладают низкой плотностью, некоторые из пластиков имеют плотность даже меньше плотности воды. Соответственно, малый вес элементов трубопровода позволяет использовать более простые грузоподъемные механизмы и транспортировочные приспособления, облегчает процесс монтажа, особенно в труднодоступных местах. Пластики

обладают очень высокой коррозионной, а так же химической стойкостью ко многим агрессивным веществам, благодаря чему пластиковые трубопроводы служат намного дольше металлических и не зарастают изнутри. Они также характеризуются низкой удельной теплопроводностью, что позволяет существенно снизить тепловые потери, а так же избежать образования конденсата. Пластики обладают высокой эластичностью, вследствие этого трубопроводы из пластика имеют более высокую надежность при случайных повреждениях, и, кроме того, эластичность позволяет упрощать процесс сборки и монтажа трубопровода. Трубопроводы из пластиков имеют очень гладкую внутреннюю поверхность, что снижает потери давления и препятствует появлению отложений, и, более того, пластиковые материалы обладают высокой пластичностью, что обеспечивает хорошую стойкость к абразивному износу. К тому же, все эти свойства обеспечивают низкую передачу шумов и вибраций.

Однако среди привлекательных характеристик пластиков имеются и негативные моменты. Ввиду того, что пластики хоть и не являются электропроводящими материалами, тем не менее они могут при определенных условиях накапливать электростатический заряд, от которого во взрывоопасных производственных помещениях необходимо избавляться. Так как пластиковые материалы имеют в своем составе водород и углерод, то они являются горючими веществами и некоторые из них поддерживают собственное горение и после устранения огня в помещении. Кроме этого, точка плавления пластиков достаточно низкая и это накладывает ограничения на применение пластиковых материалов по температуре. А вследствие особенностей молекулярной структуры пластики имеют существенное ограничение по допустимому длительному рабочему давлению и обладают значительным линейным термическим расширением.

Разные виды пластиков имеют различные, зачастую противоположные характеристики и области применения вследствие их химико-физических свойств.

Компания Georg Fischer Piping Systems Ltd. уже более 50 лет специализируется на разработке и производстве элементов трубопроводов из различных видов пластика, включая трубы, соединительные фитинги и переходные элементы, запорную арматуру и системы управления для них, а так же контрольно-измерительные приборы и оборудование для подготовки и сборки трубопроводов. Из всего широкого ассортимента производимых Georg Fischer пластиков наиболее часто используемыми в энергетике видами являются непластифицированный поливинилхлорид PVC-U и гомополимер полипропилена PP-H.

Поливинилхлорид, широко известный под аббревиатурой PVC, является наиболее важным и старейшим массово производимым полимером. PVC — полимер, 56% веса которого составляет хлор. Только используя специальные добавки, материал становится хорошо обрабатываемым и используемым. С помощью добавок можно получить широкий диапазон характеристик и адаптировать под планируемую сферу применения. Существует два класса материала PVC. Мягкий PVC (PVC-P), получаемый при добавлении пластификаторов (таких как, например, фталаты), не используется компанией Georg Fischer и твердый PVC, так называемый, непластифицированный PVC (PVC-U), который широко используется в производстве трубопроводов.

PVC-U, производимый Georg Fischer, обладает следующими характеристиками:

- Очень высокая химическая и коррозионная стойкость
- Возможность контакта с пищевыми продуктами, не влияет на качество питьевой воды
- Биологически инертен; не поддерживает рост числа микробов
- Высокая механическая прочность на растяжение вместе с высокой ударной вязкостью
- Самозатухающий после удаления пламени
- Надежное соединение путем склеивания с использованием Tangit© и Dytex©

Таблица 1.

Свойства PVC-U

Характеристики	Значение	Ед. изм.	Стандарт
Плотность	1,38	г/см ³	EN ISO 1183-1
Предел текучести при 23°C	> 52	Н/мм ²	EN ISO 527-1
Модуль гибкости при 23°C	> 2400	Н/мм ²	EN ISO 527-1
Ударная вязкость по Шарпи при 23°C	> 6	кДж/м ²	EN ISO 179-1
Ударная вязкость по Шарпи при 0°C	> 3	кДж/м ²	EN ISO 179-1
Твердость при вдавлении шарика (358 Н)	> 105	МПа	EN ISO 2039-1
Температура тепловой деформации Вика В/50Н	> 76	°C	ISO 306
Коэффициент теплового расширения	0,07...0,08	мм/м К	DIN 53752
Теплопроводность при 23°C	0,15	Вт/м К	DIN 52612-1
Водопоглощение при 23°C	< 0,1	%	EN ISO 62
Цвет	7011	-	RAL
Предельный кислородный индекс (LOI)	42	%	ISO 4589-1

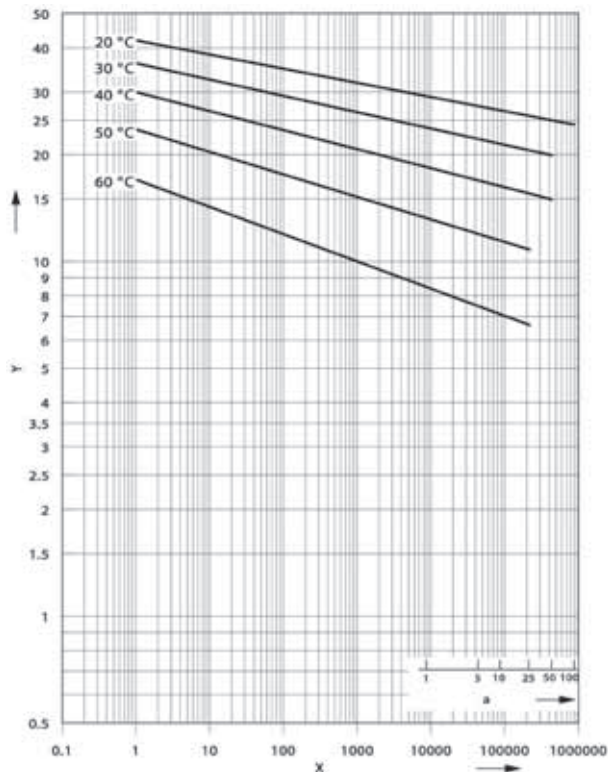


Рис. 2 X — время работы до повреждения Гидростатическая прочность PVC-U Y — окружное напряжение, МПа а — годы

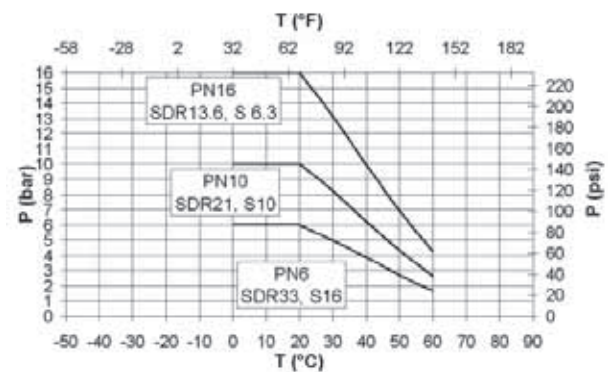


Рис. 3 P — допустимое давление, бар, psi Диаграмма «Давление- время» T — температура, °C, °F

- Использование оловянных стабилизаторов для фитингов и клапанов
- Низкие потери на трение благодаря гладкой поверхности

Из-за тесного взаимодействия между атомами хлора в цепи полимера, PVC-U демонстрирует высокую прочность на растяжение и твердость. На кривой гидростатической прочности (Рис. 2), соответствующей стандарту EN ISO 15493 или DIN 8061, можно увидеть стойкость к внутреннему давлению. На основе графиков «давление — температура» для труб и фитингов можно определить границы применения.

Отличная химическая стойкость PVC-U распространяется и на среды высокой концентрации. Очень хорошая стойкость к большинству минеральных кислот, оснований и соляных соединений, а также к гипохлориту натрия. Также высока стойкость к алифатическим углеводородам и элементарному хлору. Однако, PVC-U имеет слабую стойкость в отношении ароматических или хлорсодержащих растворителей, сложных эфиров и кетонов. Также не рекомендуется использовать его для газовой среды. Если предполагается использование масел, лаков или жиров, рекомендуется провести предварительный анализ.

PVC-U характеризуется высокой стойкостью к атмосферным воздействиям. Длительное воздействие прямых солнечных лучей, а также ветра и дождя изменяют материал только поверхностно. Несмотря на очень высокую стойкость к ультрафиолетовому излучению, ударная вязкость PVC-U несколько снижается. При использовании в особо сложных условиях рекомендуется защищать материал от воздействия прямых солнечных лучей.

PVC-U демонстрирует хорошие показатели в температурном диапазоне от 0°C до +60°C. При более низких температурах значительно снижается ударная вязкость. При более высоких температурах снижаются сопротивление растяжению и прочность.

Приведенная диаграмма «Давление/Время» для труб и фитингов из PVC-U (Рис. 3) разработана с учетом непрерывного срока службы 25 лет.

Используется рекомендуемый GF расчётный коэффициент 2.5. Данный коэффициент может использоваться для воды или идентичной водной среды, т.е. в средах без химического воздействия.

Коэффициент линейного терморасширения PVC-U составляет от 0,07 до 0,08 мм/м К, что намного выше соответствующего значения для металлов. Среди всех материалов, предлагаемых Georg Fischer для производства трубопроводов, PVC-U характеризуется одним из самых низких коэффициентов терморасширения. Тем не менее, при проектировании трубопровода необходимо учитывать этот коэффициент.

Как и все полимеры PVC-U является хорошим теплоизолятором. При 0,15 Вт/м К теплопроводность PVC-U очень низка. Значение для стали, с другой стороны, составляет 250 Вт/м К.

Высокое содержание хлора в PVC-U обуславливает поведение материала при горении. Кислородный индекс составляет 42%. (материалы, у которых кислородный индекс составляет менее 21%, считаются огнеопасными).

Таким образом PVC-U попадает в лучший класс пожароопасности V0 в соответствии с UL94, и в класс строительных материалов B1 (сложно воспламенить), в соответствии с DIN 4102-1.

Самовозгорание в результате температурного воздействия происходит только при 450 °C. PVC-U загорается при воздействии открытого огня, однако немедленно гаснет после устранения пламени. Так как в процессе

горения PVC образуется хлористый водород, который при соединении с водой образует агрессивную кислоту, после пожара необходима немедленная очистка зон, восприимчивых к коррозии. Опасность от HCl в отношении персонала минимальна т.к. его резкий запах позволяет заранее избежать отравления токсичными газообразными продуктами горения, в основном состоящих из угарного газа, не имеющего запаха. При этом ограниченный связанных с выбором средств пожаротушения нет.

Как видно из описанных свойств поливинилхлорида основные сферы его применения в энергетике — водоподготовка, подача химических реагентов, транспортировка очищенной воды и очистка стоков.

Полипропилен же является термопластом из группы полиолефинов. Это полукристаллический материал, плотность которого ниже плотности других известных термопластов. Его механические свойства, химическая стойкость и, особенно, термостойкость сделали полипропилен одним из самых важных материалов для изготовления трубопроводной арматуры.

Полипропилен получается путем полимеризации пропилена (C₃H₆) при помощи катализаторов Циглера-Натта.

Для изготовления трубопроводной арматуры используются три вида полипропилена:

- РР гомополимер (PP-H)
- РР блок-сополимер (PP-B)
- РР неупорядоченный сополимер (PP-R)

PP-H подходит для промышленных целей благодаря высокой стойкости к внутреннему давлению. С другой стороны, PP-R применяется в основном в бытовых условиях из-за своего низкого модуля упругости (гибкие трубы) и высокой стойкости к внутреннему давлению при высоких температурах. PP-B используется, в основном, для канализационных систем из-за своей высокой ударной вязкости, особенно, при низких температурах, а также из-за низкой термостойкости.

Полипропилен имеет ядрообразующие вещества (кристаллы-затравки), так как РР кристаллизуется как

минимум в 10 раз медленнее, чем, к примеру, полиэтилен. Таким образом, мы получаем более низкое внутреннее напряжение и более тонкую структуру. Существуют 2 основных вида структуры РР-Н: с α и β -ядрами.

РР — это неполярный материал, поверхность которого практически не набухает и не растворяется. Склеивание возможно лишь при наличии специальной обработки поверхности. С другой стороны, полипропилен хорошо сваривается. Для напорных трубопроводных систем могут использоваться раструбная сварка с нагревательным элементом, стыковая сварка с нагревательным элементом или бесконтактная инфракрасная сварка (IR-Plus®), разработанная компанией Georg Fischer.

(β)-PP-H используется для промышленных трубопроводных систем. Его основные характеристики:

- Хорошая химическая стойкость
- Высокая стойкость к внутреннему давлению
- Высокая ударная вязкость
- Высокое сопротивление термическому старению и термостойкость
- Высокое сопротивление растрескиванию при напряжении
- Отличная свариваемость
- Однородная, тонкая структура

PP-H имеет самую высокую кристалличность, а, следовательно, самую высокую прочность, предел текучести и жесткость. Трубы из РР-Н не провисают, возможно также увеличение расстояния между опорами. Однако, полипропилен не обладает хорошей ударной вязкостью при t ниже 0°C.

Длительная стойкость к внутреннему давлению отражена на кривой гидростатической прочности согласно EN ISO 15494. На основе графиков «давление — температура» для труб и фитингов можно определить границы применения.

Благодаря своей неполярной структуре, РР имеет высокую химическую стойкость. Полипропилен проявляет отличную стойкость по отношению к кислотам, щелочным растворам, растворителям, спирту и воде. Жиры и масла лишь частично вызывают разбухание. При этом, РР не

Таблица 2.

Свойства РР-Н

Характеристика	Значение	Ед. изм.	Стандарт
Плотность	0,90... 0,91	г/см ³	EN ISO 1183-1
Предел текучести при 23°C	31	Н/мм ²	EN ISO 527-1
Модуль гибкости при 23°C	1250	Н/мм ²	EN ISO 527-1
Ударная вязкость по Шарпи при 23°C	85	кДж/мм ²	EN ISO 179-1
Ударная вязкость по Шарпи при 0°C	4,8	кДж/мм ²	EN ISO 179-1
Твердость при вдавлении шарика (132 Н)	58	МПа	EN ISO 2039-1
Точка плавления кристаллов	150... 167	°C	DIN 51007
Кoeffициент теплового расширения	0,16...0,18	мм/м К	DIN 53752
Теплопроводность при 23°C	0,23	Вт/м К	DIN 52612-1
Водопоглощение при 23°C	0,1	%	EN ISO 62
Цвет	7032	-	RAL
Предельный кислородный индекс (LOI)	19	%	ISO 4589-1

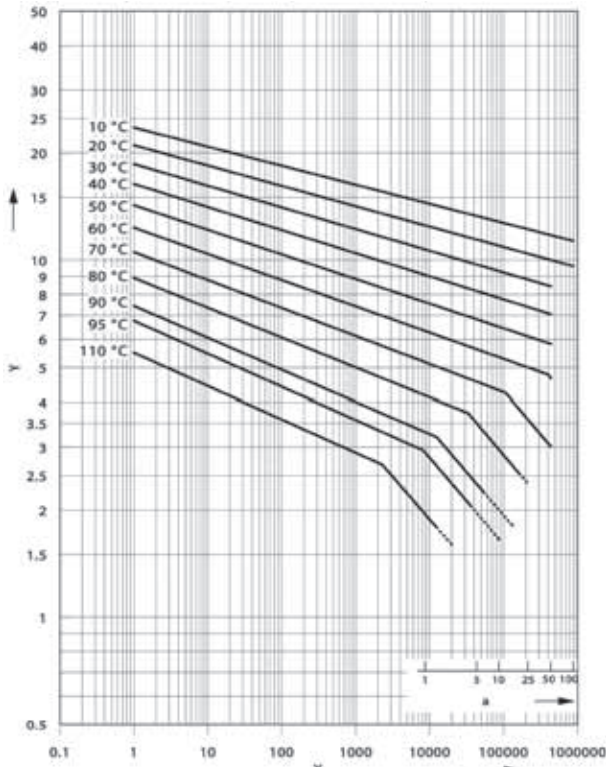


Рис. 4 X — время работы до повреждения
Гидростатическая Y — окружное напряжение, МПа
прочность PP-H a — годы

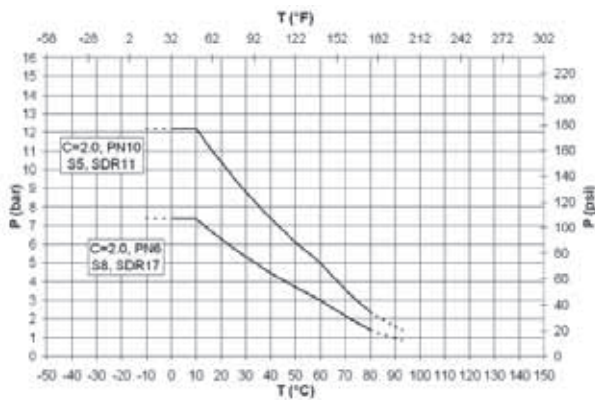


Рис. 5 P — допустимое давление, бар, psi
Диаграмма «Давление- время» T — температура, °C, °F

устойчив к воздействию окисляющих кислот, кетонов, бензина, бензола, галогенов, ароматических углеводородов, хлорированных углеводородов и к контакту с медью.

Если полипропилен в течение долгого времени подвергается воздействию солнечных лучей, он, как и большинство натуральных и пластиковых материалов, будет поврежден короткими волнами УФ спектра солнечного света в сочетании с кислородом в воздухе, приводящими к фотоокислительному процессу. У полипропилена нет каких-либо специальных добавок для защиты от УФ излучения, поэтому трубопроводы, которые подвергаются воздействию УФ, необходимо защищать. Подобной защи-

той может быть различного рода покрытия, например, изоляция или краска, абсорбирующие ультрафиолет.

Полипропилен можно использовать в температурном диапазоне от 0°C до +80°C, Beta-PP-H — в диапазоне от -10°C до +95°C. При температуре ниже -10°C его ударная вязкость уменьшается. С другой стороны, при низких температурах повышается его жесткость. Поэтому необходимо свериться с диаграммой «Давление-температура». При использовании при температуре ниже 0°C, как и для всякого другого материала, необходимо убедиться в том, что транспортируемая среда не замерзнет, и таким образом, не повредит трубопроводную систему.

Приведенная диаграмма «Давление/Время» для труб и фитингов из PP-H разработана с учетом непрерывного срока службы 25 лет.

Используется рекомендуемый GF расчётный коэффициент 2.0. Данный коэффициент может использоваться для воды или идентичной водной среды, т.е. в средах без химического воздействия.

Как и все термопласты, PP характеризуется большим тепловым расширением, (0,16-0,18 мм/м К), чем металлы. Проблем, связанных с этим не возникнет, если тепловое расширение учитывается на этапе планирования трубопроводной системы.

Тепловая проводимость составляет всего 0,23 Вт/м К. Благодаря этому, трубопроводы из пропилен более экономичны по сравнению с трубопроводами из металла, например, из меди.

Полипропилен является огнеопасным пластиком, кислородный индекс которого составляет 19%. (материалы, у которых кислородный индекс составляет менее 21%, считаются огнеопасными). Согласно ASTM D 1929 температура самовоспламенения составляет 360°C. После удаления огня PP образует капли и продолжает гореть без образования дыма. Наиболее опасным для человека выделяемым продуктом горения является угарный газ. При горении PP, в первую очередь выделяется углекислый газ, потом угарный газ и вода.

В соответствии с UL 94, полипропилен классифицируется как HB (Горизонтальное горение), в соответствии с DIN 53438-1 — как K2. В соответствии с DIN 4102-1 и EN 13501-1, PP описан как B2 (нормальное горение). Во французской классификации строительных материалов, полипропилен соответствует M3 (средний уровень возгорания). Подходящими средствами пожаротушения являются вода, пена или углекислота.

Поскольку PP является неполярным углеводородным полимером, он обладает отличными электроизоляционными свойствами. Эти свойства, однако, могут стать значительно хуже в результате загрязнения, эффектов окисления среды или разрушения под влиянием атмосферных воздействий.

Из-за возможного образования электростатических зарядов, рекомендуется с осторожностью использовать PP в сферах применения с опасностью возникновения пожаров или взрывов.

Полипропилен GF соответствует требованиям для материалов или компонентов, которые так или иначе соприкасаются с пищей. Фитинги не имеют запаха и безвкусны, а также они физиологически инертны. Таким образом, возможно использование полипропилена во всех смежных областях.

Как видно из описания свойств полипропилена, он может использоваться в тех же системах, что и поливинилхлорид, однако область его применения ограничена диапазоном давления, с другой стороны химическая стойкость полипропилена позволяет устанавливать его в установках, где PVC-U не может быть использован.

Не смотря на большую схожесть областей применения, существует значительная разница между поливинилхлоридом и полипропиленом в плане сборки и монтажа трубопроводов из этих материалов.

Единственным методом соединения элементов трубопровода из PVC-U является склеивание с помощью клея Tangit или химически более стойкого клея Dytex. Технология склеивания с одной стороны проста и удобна: не требуется дорогостоящее громоздкое оборудование, процесс склеивания может производиться по месту соединения, даже на установленном трубопроводе, сам процесс несложный и короткий по времени. Однако, с другой стороны, склеивание должен производить достаточно подготовленный и имеющий опыт специалист, который будет способен за короткое время равномерно и тщательно нанести слой клея на подготовленные поверхности трубы и фитинга. Затем соединить их, не проворачивая друг относительно друга во избежание образования воздушных пузырей и появления в клеевом соединении зон без клея, и при этом соблюсти взаимное расположение деталей, что очень важно в сложных пространственных трубопроводных установках. Другим сложным моментом является склеивание элементов трубопровода больших диаметров. В этом случае необходима совместная работа двух или даже четырех человек, в противном случае времени и собственных сил одного специалиста будет недостаточно для своевременного нанесения клея и правильного соединения деталей.

Полипропилен предоставляет больше вариантов соединения деталей. Самым простым и широко известным является сварка в раструб, при которой наружная поверхность на конце трубы и внутренняя поверхность в фитинге одновременно разогреваются с помощью двустороннего нагревательного элемента, после чего труба вставляется в фитинг. Этот метод сварки может осуществляться как вручную, так и на специальном сварочном аппарате, но он имеет ограничение по максимально возможному диаметру труб — до 110 мм.

Другим методом сварки полипропилена является также часто применяемый метод сварки в стык, при котором подготовленные торцы труб или фитингов прижимаются к плоскому нагревательному элементу, а по истечении заданного времени, прижимаются друг к другу и остаются под нагрузкой на определенное

время. Таким методом можно сваривать трубы любого диаметра, и кроме того, при дополнительном оснащении некоторых моделей сварочных аппаратов блоком регистрации, возможно получение протоколов сварки, содержащих информацию о заданных и фактических параметрах сварки. Единственным ограничением метода стыковой сварки является возможность сварки труб или фитингов только с одинаковой толщиной стенки.

Компания Georg Fischer постоянно накапливая опыт и отработывая различные методы и технологии соединения пластиков в конце 20 века разработала и внедрила новый метод сварки полукристаллических термопластов — метод инфракрасной сварки. Этот метод во многом идентичен методу сварки в стык, однако, имеет очень важное отличие, дающее несомненные преимущества методу инфракрасной сварки. Этим отличием является использование вместо контактного нагрева торцов пластиковых деталей при стыковой сварке бесконтактного способа благодаря наличию инфракрасного нагревательного элемента. При этом сокращается время сварки одного соединения, значительно снижаются риски попадания каких-либо загрязнений с нагревательного элемента, а, кроме того, размер полученного сварного шва в несколько раз меньше, чем при стыковой сварке, что так же улучшает потоковые характеристики.

Все описанные способы сварки создают остаточные напряжения вокруг места соединения. Наибольшие напряжения создаются в раструбном соединении, а наименьшие — при инфракрасной сварке. Вследствие этого, на стадии проектирования необходимо учитывать все факторы, которые могут воздействовать на пластиковый трубопровод в целом, и, исходя из полученных данных, выбирать наиболее оптимальный метод сварки элементов трубопровода.

Помимо остаточных напряжений после сварки на все места соединений, включая клеевые соединения, фланцевые и резьбовые соединения, отводы и соединения для перехода на металл, будут воздействовать усилия, возникающие при линейном расширении пластиков в результате термического воздействия транспортируемой среды.

$$\Delta L = L * \Delta T * \alpha \quad , \text{ где}$$

ΔL — изменение длины участка трубопровода, мм

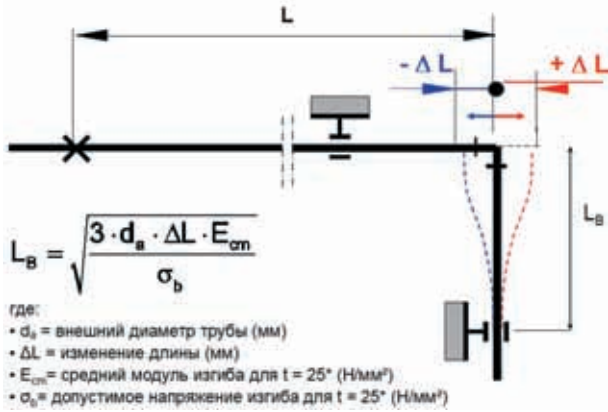
L — длина участка, м

ΔT — разность температур, К

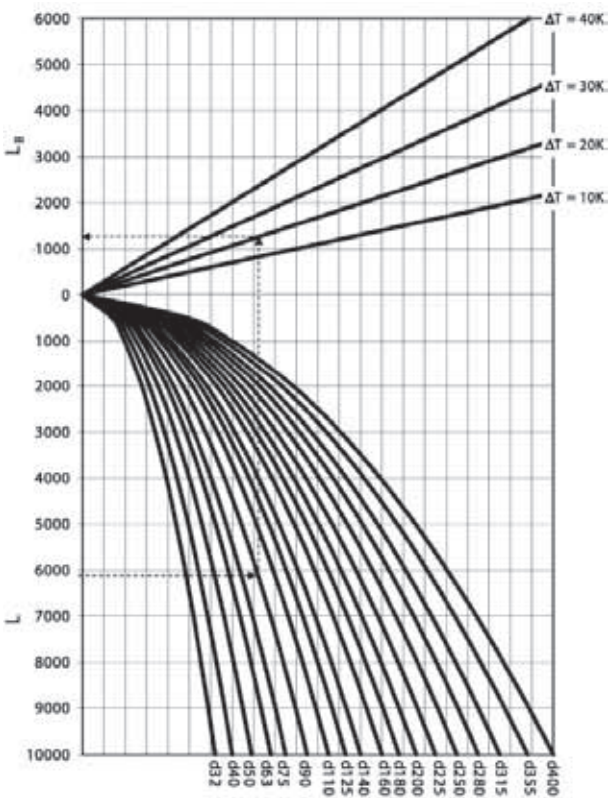
α — коэффициент линейного расширения, мм/м К

Как видно из описания свойств пластиков коэффициент их термического расширения превышает коэффициент для металлов в 7... 12 раз. А это означает, что при повышении температуры транспортируемой среды на несколько градусов, длина участка пластикового трубопровода изменится гораздо больше, чем металлического (см. таблицу 3).

В связи с этим, ещё на стадии разработки технологии и проектирования размеров трубопроводов необходимо



Математический метод определения длины гибкой секции



Графический метод определения длины гибкой секции (на примере PVC-U)

учитывать линейное расширение пластиков и предусматривать либо компенсационные петли, либо компенсировать расширение за счет технологических изгибов трубопровода, либо устанавливать гибкие компенсаторы. В любом случае, при проектировании мест установки опор для трубопроводов всегда следует закладывать подвижные либо скользящие опоры. Неподвижные опоры должны устанавливаться только в местах крепления запорной арматуры, в местах перехода на металлический трубопровод, а так же в том случае, когда требуется точно разделить участок трубопровода большой длины на отдельные участки, для которых отдельно можно рассчитать компенсационные элементы.

Для расчета компенсационных секций можно воспользоваться либо математическим, либо графическим методом. Пример использования обоих методов приводится ниже. При этом учитывается разность температур ΔT между исходной температурой T_m (по умолчанию используется температура 20°C , но фактически должна приниматься в расчет температура во время монтажа) и температурой транспортируемой среды T_v .

Кроме размещения опор на прямолинейных участках трубопроводов так же необходимо предусматривать установку опор до и после запорной арматуры для снижения воздействия нагрузок от вибрации или штатного срабатывания арматуры на резьбовые либо неразъемные соединения. Компания Georg Fischer постоянно совершенствует конструкцию запорной арматуры для повышения её эффективности, простоты установки и обслуживания. Среди предлагаемой запорной арматуры представлены полностью пластиковые шаровые краны, поворотные дисковые затворы, мембранные клапаны и электромагнитные клапаны. Запорная арматура спроектирована в виде модульной конструкции, то есть имеется большой выбор комплектующих, которые могут изменять как конструктивные характеристики, так и принцип действия. Например, шаровой кран может комплектоваться различными выходными втулками — под раструбную сварку, под стыковую сварку, с фланцевыми соединениями, кран может работать в ручном режиме, то есть управление будет осуществляться поворотом рукоятки, а может быть укомплектован поворотным пневматическим либо элек-

Таблица 3.

Изменение длины трубопроводов из различных материалов.

Материал	Длина трубы L [м]	Изменение температуры ΔT [K]	Коэффициент расширения α [мм/м K]	Изменение длины Δl [мм]
Сталь	10	10	0,012	1,2
PVC-C	10	10	0.070	7
PVC-U	10	10	0.080	8
ABS	10	10	0.100	10
PVDF	10	10	0.180	18
PB	10	10	0.130	13
PP	10	10	0.180	18
PE 80/100	10	10	0.200	20



Элементы автоматизации

трическим приводом. В свою очередь, пневматический привод может оснащаться концевыми выключателями для получения обратной связи по положению, регулятором позиции для плавного управления углом открывания крана. Электрический привод может быть оснащен счетчиком циклов срабатывания крана, контролем тока двигателя, регулятором времени открывания — закрывания крана, позиционером, регулирующим угол открывания крана при поступлении сигнала 4... 20 мА с контроллера и подающего сигнал обратной связи в виде сигнала 4... 20 мА. Вариантов оснащения запорной арматуры и приводов очень много, что позволит заказчику создать трубопроводную систему практически любой модификации.

Помимо запорной арматуры компания Georg Fischer производит высокоточные датчики и измерительные приборы для всех необходимых видов измерений:

Применение полипропилена на ГЭС-1 (Москва)



Установка ультраfiltrации из PVC-U на ОГК-6 (Новочеркасск)

поток, температура, давление, уровень, проводимость, pH, ОВП. Все датчики могут быть использованы для создания системы контроля и управления на основе контроллеров либо ЧПУ, повышая тем самым надежность и безопасность работы трубопроводной системы.

Продукция Georg Fischer для создания пластиковых трубопроводных систем хорошо зарекомендовала себя по всему миру и в России будучи использованной в совершенно различных сферах применения: водоподготовка, водоочистка, гальваника, очистка сточных вод, очистка топочных газов, медицина и косметология. При правильном проектировании, а самое главное, при профессиональной сборке и монтаже, трубопроводные системы из пластика способны работать по сравнению с металлическими трубопроводами более длительное время без отказов и сбоев, позволяя экономить время и деньги.

