

Издатель: WIRSBO BRUKS AB

Руководитель проекта: Per A. Svenson
Ассистент руководителя проекта: Marjo Westberg

Ответственный за содержание книги:
Tomas Lenman
Jerker Skarelius

Подготовка английского издания:
Tomas Lenman

Предисловие

Зачем писать целую книгу о пластиковых трубах? В течение последних нескольких лет использование пластиковых труб в домашних системах водоснабжения и наружного отопления стремительно растет. Это происходит не только в Европе, но и во всех промышленных западных странах.

Тем не менее, не обошлось без недоразумений и спадов производства.

Для начала следует заметить, что не так легко понять, что же такое пластмасса. Ни определенным группам, ни отдельным видам пластмасс нельзя дать единого определения из-за различных характеристик. Несмотря на то, что эти характеристики можно предопределить математическим и теоретическим способом, их можно определить с помощью испытаний и тестов. Тем не менее, некоторые производители подменяют результаты испытаний, которые не проводились необходимое количество времени, что, конечно же, не позволяет сделать объективных выводов.

Несмотря на все это, мы владеем достаточной информацией о пластмассе, которая используется в домашних трубопроводных системах. Эта информация, которая раньше принадлежала только специалистам в данной области, сегодня распространяется все больше и больше.

Это вовсе не означает, что каждый подрядчик, архитектор, продавец, монтажник и любой, кто бы ни имел дело с пластиковыми трубами, должны переучиваться на химика. Но по нашему мнению, каждый, кто использует пластиковые трубы, должен обладать минимальными знаниями для того, чтобы создать собственное мнение о пластике и его свойствах.

Этой причины достаточно для того, чтобы концерн WIRSBO BRUKS AB выпустил этот справочник.

Данная книга охватывает широкий спектр информации: начиная с источника материалов, использующихся в производстве пластиковых труб, и заканчивая фактическим использованием готовых труб. Мы попытались заглянуть в мир исследователя и испытателя. Проще говоря, книга призвана пробудить новое понимание пластиковых труб.

Авторы писали эту книгу в надежде на то, что она даст толчок к повышенной внимательности и объективности в представлении результатов испытаний. Это необходимо потому, что без достоверной документации нельзя сделать объективных выводов об оцениваемой трубе.

И последняя цель – это надежная система, которая имеет долгий ожидаемый срок службы. Мы искренне надеемся, что смогли сделать свой вклад в достижение этой цели благодаря выпуску данной книги.

С уважением,
концерн WIRSBO BRUKS AB,
основанный в 1620 г.

Содержание

1.	ВОДА ОЗНАЧАЕТ ЖИЗНЬ *Основная информация о жидкости, которая нужна нам всем*……	5
2.	ИСКУССТВО ТРАНСПОРТИРОВКИ ВОДЫ *Способы передачи воды из одного места в другое*……....	7
3.	НЕФТЬ - СЫРЬЕ, ИМЕЮЩЕЕ БОЛЬШОЙ СПРОС *Нефтехимия, как основа пластиковых технологий*……	9
4.	ПЛАСТИКОВЫЙ ВЕК *Революция в производстве трубопроводов*…….	11
5.	МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТРУБ И ТРУБОПРОВОДОВ *Пластик сделал прорыв в производстве трубопроводов*……..	13
6.	ВЫБОР МАТЕРИАЛА *Не каждый материал подходит для того или иного трубопровода*……..….	17
7.	МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ *Большой объем информации, которую необходимо систематизировать*…….....	25
8.	ПРОИЗВОДСТВО ТРУБ PEX *О поперечно-сшитом полиэтилене и способе его производства*……..	37
9.	ВЫБОР ТРУБОПРОВОДОВ *Критерии выбора трубопровода*…….....	44
10.	МОНТАЖ ТРУБ WIRSBO-PEX ДЛЯ СИСТЕМ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ *Советы относительно планирования трубопроводной системы*……..	47
11.	ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ *Всемирно признанные испытательные организации*……....	51
12.	ИЗМЕРЕНИЯ, ФОРМУЛЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ *Формулы и другие данные, необходимые для получения информации о трубопроводах и о монтаже труб*……	52
13.	ГЛОССАРИЙ ТЕРМИНОВ ПЛАСТИКОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ *Технические термины и их значения*……..….	77

Вода означает жизнь

“О, ДА ЭТО ТОЛЬКО ВОДА!” Вы наверняка слышали что-нибудь подобное от людей. Но разве эта жидкая субстанция заслужила такого отношения? В конце концов, сама жизнь получила свое рождение в воде более 3-х миллионов лет назад. Более 400 миллионов лет назад первые живые существа вышли из воды, чтобы жить на земле.

Несмотря на то, что эти существа больше не жили в воде, они не могли жить без нее. Вода навечно оставила свой след на всех живых созданиях. Она принимает участие в биохимических процессах, проходящих в живых клетках. Она служит для переваривания пищи и для вывода продуктов жизнедеятельности из наших организмов. Вода составляет сорок процентов человеческого организма.

Сколько суши на Земле

Когда-то наша планета получила название “Земля” на всех языках мира. Название исходило из видения мира, которое превалировало в то время. Сегодня, прокручивая глобус или пролетая на самолете вокруг света, мы получаем более точную картину мира. Мы знаем, что то, что называется “Землей”, в большей степени является водой. Три четверти земного шара покрыты водой. Вода - одна из самых распространенных субстанций, обнаруженных на нашей планете.

Ни на одной другой планете солнечной системы нет столько воды в жидкой форме. Для этого есть две основные причины. Первая - это то, что наша планета получает большое количество солнечного света. Вторая - это сила гравитационного притяжения. Солнечный свет удерживает большинство воды в жидком состоянии, а гравитация предотвращает выброс водяных паров в космос.

Шесть процентов пресной воды

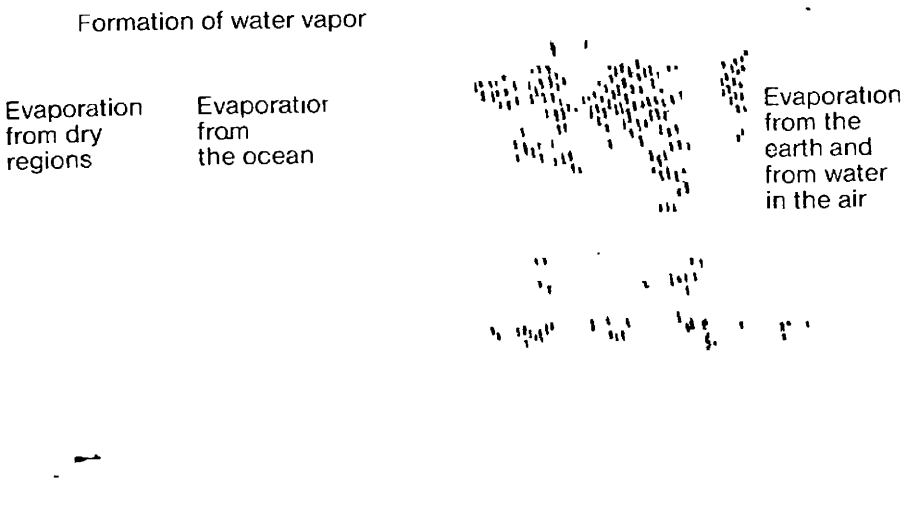
Приблизительно 94 процента воды, обнаруженной на земле, содержится в мировом океане. Остальные шесть процентов - это пресная вода, одна шестая из которых находится в полюсных регионах.

Водяной пар выходит в атмосферу после испарения из океанов, внутренних вод и растений. Тем не менее, количество воды, которая испаряется подобным образом, относительно мало. В земной атмосфере находится всего одна часть из 100 000 общего количества воды на земле. Более того, молекулы остаются в атмосфере очень короткий промежуток времени. В среднем, время между испарением молекул и их возвращением на

поверхность земли составляет десять дней.

Бесконечный цикл

Как вода попадает на сушу? Какой путь она проходит? На этот простой вопрос о системе управления водой не всегда легко ответить. Только в позапрошлом столетии люди нашли объяснение притоку воды в определенный регион в результате выпадения осадков. Выпадение осадков, сток и испарение являются составляющими элементами



беспрерывного природного цикла. Формула, в которой математически сведен водный цикл, представлена уравнением:

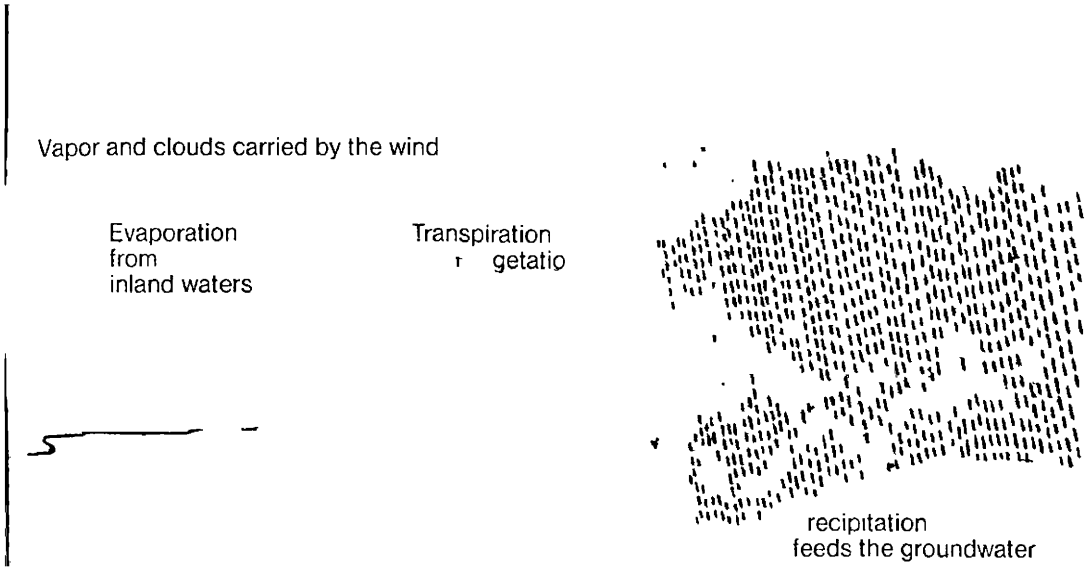
$$P = R + E + C,$$

где:
P = Осадки
R = Сток
E = Испарение
C = Изменение в водном хранилище (Хранилище во внутренних водах, ледниках, подземной воде и т.д.)

Удивительная субстанция

H_2O - формула химического соединения, которое мы называем "вода". Два "маленьких" атома водорода и один "большой" атом кислорода составляют каждую молекулу воды.

В этом отношении важен тот факт, что атом кислорода имеет два отрицательных заряда, а атомы водорода имеют позитивные заряды. Поскольку в молекуле центры электрического заряда распределены несимметрично, создается поляризованное соединение или так называемый "электрический диполь". Этот факт оказывает большое влияние на консистенцию субстанции, известной нам как вода.



Температура кипения воды должна составлять -112˚F. (-80˚C.), нежели 212˚F. (100˚C.). Другим эффектом отсутствия симметрии является явно выраженная способность воды растворять другие вещества. Свойство воды достигать своей наибольшей плотности при температуре 39˚F. (14˚C.), то есть при температуре, превышающей температуру замерзания, обязывает человечество ретроспективно быть благодарным. Это позволяет твердой форме субстанции удерживаться на поверхности жидкой формы. Это существенно отличает воду от других веществ. Если бы этого не было, полярные моря замерзали бы снизу вверх. Конечным результатом было бы то, что большинство из живых форм, которые мы знаем сегодня, никогда бы не появились.



Искусство транспортировки воды

КОГДА И ГДЕ была установлена первая система водоснабжения определить сложно. Тем не менее, мы уверены, что в самом начале возникновения древних, но высокоразвитых, Египетской и Китайской культур началось развитие транспортировки воды из одного места в другое с помощью систем, специально сконструированных для этой цели.

В результате раскопок вдоль реки Евфрат были обнаружены руины дворцов с ванными, душевыми и туалетами со сливом. Что еще более удивительно, эти удобства функционируют и по сей день - через 5 000 лет. Каналы водоснабжения также были обна ужены в пирамидном храме Саху Ре, построенном приблизительно в 2700 г. до н.э.

Глиняные трубы - это не новшество

Использование удобных общественных ванн было возможным в Малой Азии более 4 000 лет назад. Вода, необходимая для этих удобств, снабжалась с помощью труб из обожженной глины, подобных тем, которые производятся сегодня.

Дренажные трубопроводы, которые уже использовались тысячи лет назад в Индии и Китае, были сделаны из того же материала.

Чистая вода означает здоровье

Древние греки уже тогда понимали, что чистая вода способствует сохранению



здоровья человека и поэтому является важным элементом для выживания народа или нации. В спортивных и банных заведениях были уборные с проточной водой. В своих городах греки устанавливали водопроводы, сделанные из камня, дерева и обожженной глины.

Также стали внедряться линии снабжения из бронзы или свинца. Бронзовая линия снабжения высокого давления датируется 13-м веком до н. э. Она могла выдержать давление в 300 фунтов на квадратный дюйм (20 бар) и устанавливалась в гончарной трубе, выбуренной для этой цели.

Великие дела пионеров

Если есть люди, которых можно считать пионерами в искусстве транспортировки



воды, древние римляне без сомнения имеют право получить это звание. Акведуки, которые были истинными шедеврами архитектуры, транспортировали воду в Рим. Это был город с более чем миллионом жителей, которые были заядлыми любителями купания.

Как показали раскопки, то же явление имело место в Помпеи. Почти каждый дом получал воду по свинцовым трубам. Можно с полной уверенностью утверждать, что материал для трубопроводов был вреден для здоровья. Некоторые ученые даже считают, что это было второй причиной падения Римской империи.

320 галлонов на одного человека в день

Римские акведуки снабжались водой из источников высоко в горах и затем использовались для транспортировки воды по долинам. Почва отфильтровывала воду, образовывавшуюся от дождя и талого снега. Затем естественная сила притяжения несла

воду в направлении города.

Одиннадцать акведуков, которые использовались во времена правления монархов (с 14 по 96 гг. нашей эры), обеспечивали город в среднем 320 галлонами воды (800 л) в день для каждого мужчины, женщины и ребенка. Это больше чем в современном Риме. После того, как папы позаботились о ремонте и реконструкции сооружений после долгих веков разрушений, стало возможным снабжение в среднем до 440 галлонов воды (1100 л) на одного человека в день.

Древние акведуки в современном Риме

Если расположить акведуки один за другим, то они протянутся на более чем 260 миль (420 км). Некоторые из них несут воду не на одном уровне, а на двух или трех различных уровнях. Эти сооружения и сегодня считаются техническим и архитектурным чудом света.

Разрушение этих сооружений началось в четвертом веке нашей эры. Некоторые из них были реставрированы в 15 веке. Некоторые из тех акведуков, которые сохранились до сегодняшнего дня, до сих пор несут воду в Рим.

НЕМЕЦКИЕ НОВОВВЕДЕНИЯ. Новая эра в технологиях трубопроводных систем началась в 1455 г. В замке Дилленбург в Вестервальде был установлен трубопровод из чугуна. Почти 200 лет спустя водные фонтаны в садах Версаля получали снабжение воды по чугунным трубам. В 18 веке люди все больше и больше узнавали о возможностях этой новой технологии, и только спустя 100 лет использование чугунных труб стало нормой в Европе.

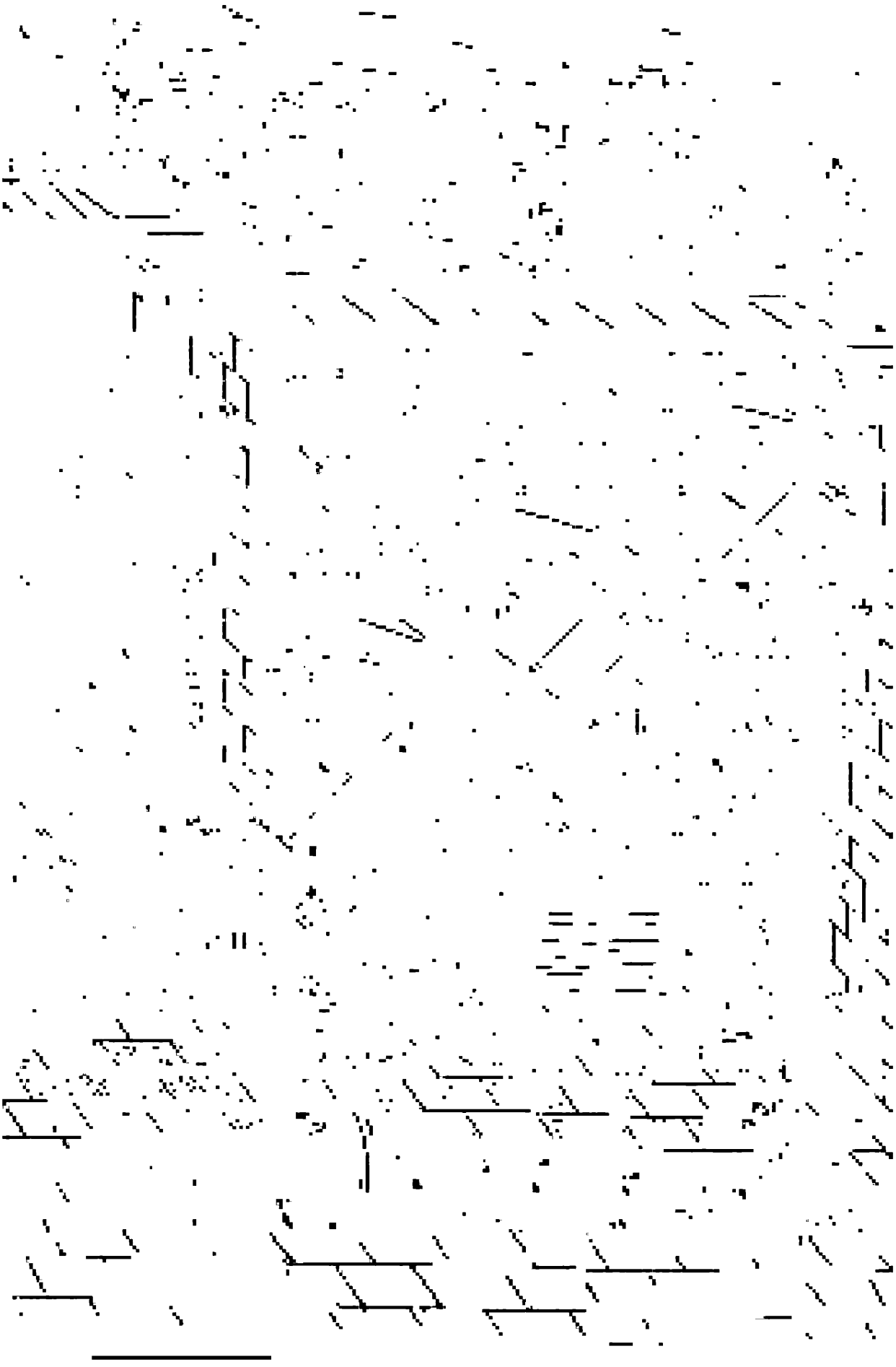
В лесах Швеции дерево было первым материалом, использовавшимся для трубопроводов. Эти трубы сохранялись почти 1000 лет. В 1649 году трубопровод длиной почти в 2000 футов (600 м) был установлен в замке в Уппсала. На первых порах деревянные трубы оказались непригодными для использования. Давление воды было слишком высоким. Согласно старым источникам, эти деревянные трубы заменялись списанными пушками.

Вода из недр земли

Человечество искало воду не только по всей земле, но и под ней. Уже в 150 году до н.э. в Китае были вырыты колодцы глубиной до 2000 футов (600 м). Римские рабочие, кроме построения акведуков, также рыли колодцы.

Рекорд по самому глубокому колодцу в мире удерживает колодец в штате Монтана, США. Его глубина составляет 7 320 футов (2 231 м). Сегодня, с помощью всех достижений буровых технологий, мы копаем все глубже и глубже к центру земли. В июле 1979 года на Кольском полуострове русские установили всемирный рекорд на самую глубокую яму, которая когда-либо была пробуравлена: 31 909 футов (9 726 м). Согласно последним данным, они все еще копают.

Иллюстрация 2:2. ***Архимедов червяк***, *навеки поразивший воображение технологов. Здесь представлен трехъярусный аппарат, датируемый эпохой Возрождения (Агостино Рамелли, 1588).*



Нефть - сырье, имеющее большой спрос

ДАЖЕ СЕГОДНЯ наука не может дать окончательный ответ на вопрос о том, как образовалась нефть. Вот одна из теорий. В древние времена мелководные зоны океана населяли различные микроорганизмы. Умершие микроорганизмы оседали слой за слоем на дне океана. Слои песка и ила растекались по ним, со временем затвердевали и превращались в осадочную породу.

Согласно теории, сильное давление, возникшее в результате налегания породы, повышение температуры и влияние бактерий превратили органическую массу в нефть.

Большинство нефти утеряно

Очень часто нефтеносные слои образовывались из пористых материалов, таких как песчаник и известняк. Из-за пористости этих типов камней нефть, которая подвергалась давлению подводных камней, могла протекать к поверхности земли. Вероятнее всего, большая часть нефти, таким образом, была утеряна с начала ее образования.

Миллионы для бурения

Более 200 лет назад люди уже знали, как использовать неочищенную нефть. Впервые она использовалась в Восточной Европе. С помощью примитивного процесса дистилляции жидкость превращалась в керосин, использовавшийся для горения ламп.

Американская нефтяная промышленность зародилась через 100 лет. Первая скважина была пробуравлена человеком по имени Дрейк в штате Пенсильвания в 1859 г. С тех пор началась охота за “черным золотом” и современными технологиями его использования.

Вероятно, утверждение, что все “легкие” скважины уже пробуравлены, будет справедливым. Нам остались только “сложные” и поэтому самые дорогие. Добыча нефти на берегу стоит почти в четыре раза дороже, чем добыча на суше. Например, на Северном море нефтедобывающие компании тратят на каждую скважину от 5 до 8 миллионов долларов. Даже при такой цене только одна из 15 попыток приводит к нахождению скважины, которая действительно пригодна для выкачивания неочищенной нефти.

УГЛЕВОДОРОД. Неочищенная нефть - это смесь соединений элементов углерода и водорода. Как атомы водорода, так и другие атомы углерода образуют соединения с атомами углерода. Таким образом, теоретически возможных углеводородных соединений может быть неограниченное количество.

Иллюстрация 3:1. ***Изображение типичного нефтеочистительного завода.*** *Вышки - это перегонные колонны, в которых неочищенная нефть распадается на различные компоненты.*

В зависимости от способа образования, неочищенная нефть может быть смесью меняющегося количества преобладающих углеводородных групп парафина, нафтена и ароматсоединений. На рис. 3:1 приводится пример каждой из этих групп.

Различные компоненты, которые образуют неочищенную нефть, могут отличаться друг от друга, особенно в силу различных температур кипения. Парафины имеют до четырех атомов углерода и имеют точку кипения не более 32˚F. (0˚C). Затем точка кипения возрастает по мере увеличения количества атомов. При наличии 5 атомов углерода точка кипения возрастает до 95˚F. (35˚C.), 10 атомов - 345˚F. (174˚C.) и 30 атомов - 650˚F. (344˚C.). Это свойство, которое обнаруживается во всех углеводородах, используется для отделения различных типов соединений друг от друга.

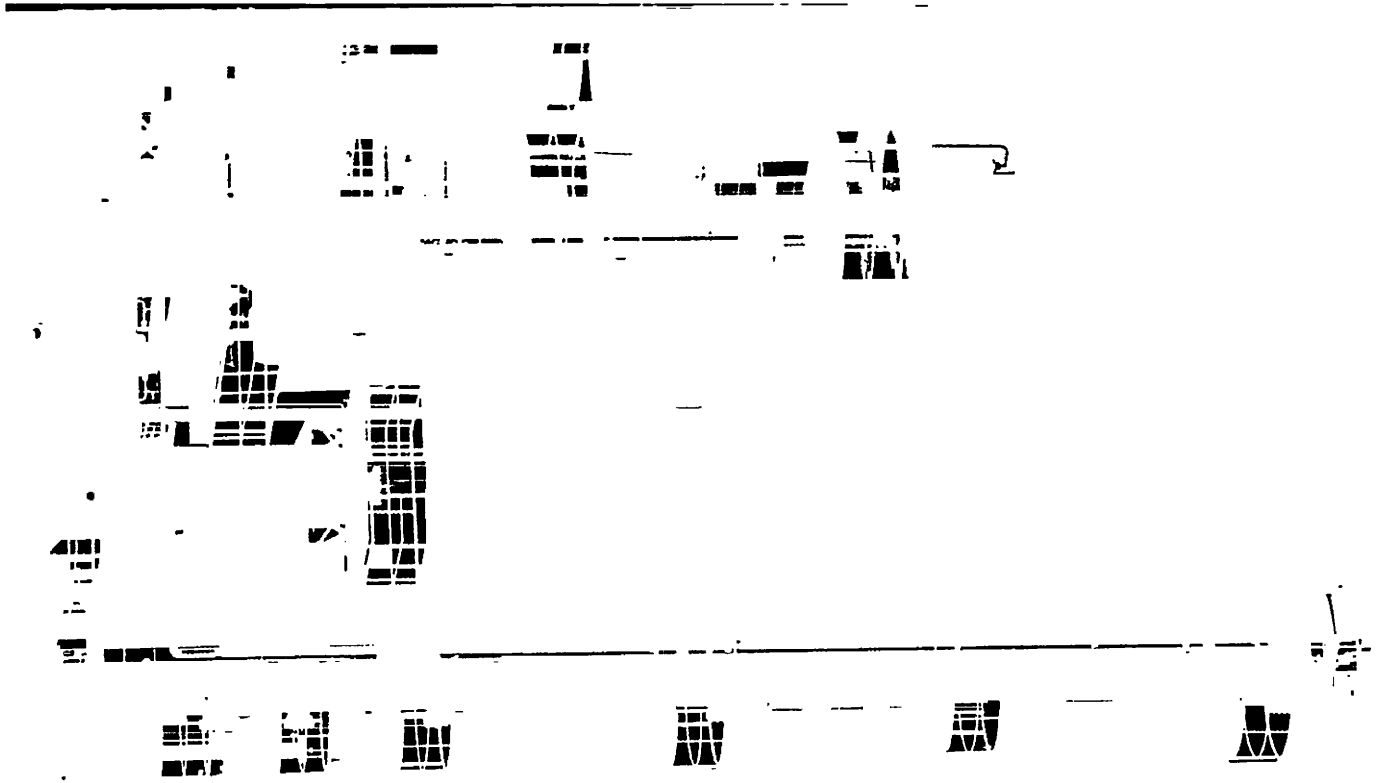
Разделение в перегонных колоннах

Если вы когда-либо проезжали мимо нефтеочистительного завода, вы наверняка замечали высокие металлические вышки. В этих вышках неочищенная нефть распадается на так называемые “фракции” и меняется на различные нефтепродукты. Такой процесс отделения называется дистилляцией.

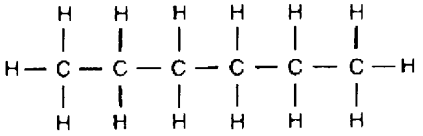
Неочищенная нефть нагревается до температуры 662˚F. (350˚C.) и перемещается на самый нижний уровень вышки (в колонну дробной перегонки). Во время этого процесса большая часть нефти меняется на газы. Пары поднимаются вверх и на определенном уровне, в зависимости от точки кипения, они снова превращаются в воду. Другими словами, они конденсируются. Затем продукты конденсации собираются на каждом уровне. Именно так различные углеводороды отделяются друг от друга.

По существу, эти продукты извлекаются из колонн на различных уровнях, начиная сверху: рафинированный газ (колошниковый газ), газолин, керосин, дизельное масло, топливная нефть, смазочное масло, парафин, тяжелое топливное масло, битум (см. Иллюстрацию 3:2).

Путь к пластику

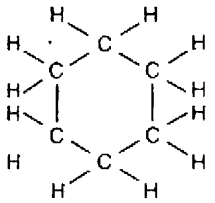


Long-chained or branched hydrocarbons saturated with paraffins.



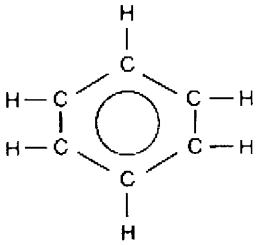
C_6H_{14}
Hexane
Boiling point:
156°F. (69°C.)

Napthene-saturated cyclic compounds



C_6H_{12}
Cyclohexane
Boiling point:
178°F. (81°C.)

Aromatic cyclic compounds with conjugated double bonds containing all the bonding electrons common to carbon atoms



C_6H_6
Benzine
Boiling point.
176°F. (80°C.)

Многие продукты, разделенные в процессе дистилляции, являются, по большей части, сырьем для безмерного количества вторичных продуктов. В качестве примера можно привести: растворители, газообразное и жидкое топливо, смазочные масла и смазки, детергенты, а также промышленные и сельскохозяйственные химикаты. Однако больше всего нас интересует другая группа продуктов - синтетический пластик.

Для производства пластика необходима дальнейшая очистка дистиллированных продуктов. Можно расщепить и видоизменить длинную цепную молекулу, объединить маленькие молекулы в цепочку молекул (полимеризация) и объединить различные типы молекул в одно соединение. Эти процессы многообразны и сложны.

В свое время нефтехимики создали сырьевые материалы, используемые для пластика, из неочищенной нефти, но они создали также и много других продуктов. Достаточно сложно получить пластик из неочищенной нефти. Запасы неочищенной нефти исчерпываются. То, что осталось необходимо использовать разумно. Возрастающий энергетический спрос может привести к печальным последствиям в будущем.

Иллюстрация 3:2. ***Дистилляция неочищенной нефти.*** *Пары неочищенной нефти поступают в перегонную колонну, в которой компоненты конденсируются в соответствии с их точками кипения. Так неочищенная нефть распадается (фракционирует). Затем, дистилляты выпускаются в различные тарелки колонны. Дистилляты с наименьшей температурой кипения собираются вверху вышки и наоборот.*

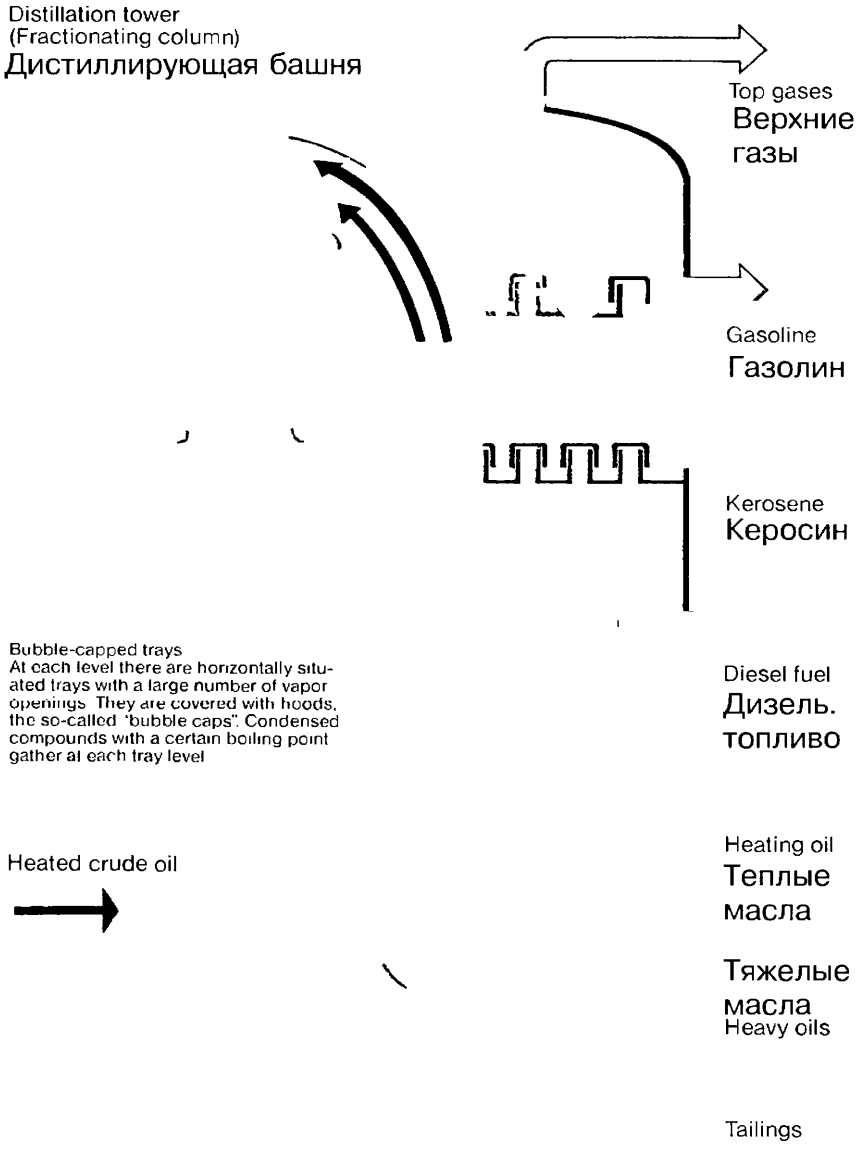


Иллюстрация 3.2

Пластиковый век

· МЕННЫЙ ВЕК, БРОНЗОВЫЙ ВЕК И ЖЕЛЕЗНЫЙ ВЕК - это три эры, названные по первичному материалу, который использовался в то время. Используя тот же подход, можно сказать, что сегодня мы живем, или, по меньшей мере, начинаем жить, в Пластиковом веке. Некоторые специалисты в данной области уверены, что мы находимся в самом начале завоевания невероятно богатого мира возможностей, предоставляемых искусственно созданными сырьевыми материалами.

Открытие Гудъеара

Вот часто используемое определение пластика: “Материалы, которые производятся искусственно или способом переработки натуральных продуктов (1); материалы, о· · рые имеют сплошно соединение или, большей частью, сделаны из макромолекулярных органических соединений (2); материалы, которым можно придавать форму или прессовать(3) и материалы, которые обычно перерабатываются в твердый конечный продукт (4) ”.

Если использовать это определение в качестве отправной точки, начало Пластикового века можно установить на 1839 год, когда Чарльз Гудъеар открыл вулканизацию резины. Мягкий каучук, открытый Гудъеаром, и жесткий каучук (эбонит), который производится с 1844, представляли пластик в истинном значении этого слова. Многие технологические процессы и машины, созданные каучуковой промышленностью, были позд введены в использо · ние в пластиковой технологии.

Новый вид кости и рога

Многие ученые стремятся к четкому разделению каучуковой и пластиковой технологий. В большинстве своем они готовы принять лишь пограничную связь между этими технологиями. Те, кто разделяет данную точку зрения, считают, что пластиковая технология зародилась в 1869 г. В то же время американец Джон Хайат изобрел заменитель слоновой кости. Это был целлулоид, материал, который сначала использовался

преимущественно для производства бильярдных шаров.

В 1897 году был разработан еще один тип пластичного материала. Это был казеин (казеин-формальдегидное соединение), который тогда назывался “искусственным рогом”. Примерно в то же время началось производство фотографий из шеллака. Внедрение Бакелита в 1909 году представляло собой новую ступеньку в развитии пластиковой технологии. Патенты на бакелит были признаны во всем мире, что привело к производству большого разнообразия продукции. Именно пластик сегодня имеет большой спрос.

После этого пластиковые технологии начали развиваться еще более интенсивно. Сначала пластмасса использовалась в качестве заменителя редких природных материалов, таких как слоновая кость, рог, черепаха или шелк. Затем, начиная с 1920 года, начался активный поиск новых продуктов, которые бы обладали заданными характеристиками.

На полезность пластмассы лучше указывает тот факт, что на сегодняшний день объем ее производства превышает объем производства стали.

Термопластик и термореактивная пластмасса

Пластмассу обычно делят на две основные группы. Первая - это “термопластик”, а вторая - “термореактивная пластмасса”.

Термопластик характеризуется тем, что его молекулярные цепочки не занимают полностью статическое положение по отношению друг к другу, т.е. они превращаются в жидкость при нагревании до их температуры плавления и, таким образом, становятся “пластичными”. Примерами термопластика являются полиамиды, поливинилхлориды, полипропилены, полистиролы и полиэтилены. В случае с термореактивной пластмассой, молекулярные цепочки не способны менять положение по отношению друг к другу, так что после принятия необходимой формы, их нельзя преобразовать с помощью нагревания. Термореактивную пластмассу представляют аминопластик, ненасыщенные полиэфиры, фенольные смолы, эпоксидные смолы и т.п.

Пластмасса и полимеры

До сегодняшнего дня мы использовали слово “пластмасса” в нетехническом значении, в котором оно всенародно истолковывалось. В строгом же смысле вместо слова “пластмасса” необходимо использовать “полимер” для обозначения веществ, со-

стоящих из длинных молекулярных цепочек (макромолекул), созданных в результате полимеризации, поликонденсации или поливалентности из маленьких молекул углеводорода (мономеров).

Газовый этилен (который еще называется этеном) является примером простейшего мономера, который может образовывать большие молекулы в процессе полимеризации.

Этилен: $CH_2 = CH_2$ Полиэтилен: $(-CH_2-CH_2)$

Рис. 4:1

В этом случае полимеризованная молекула в тысячу раз больше ее мономера.

В буквальном смысле терминов слово “пластмасса” или “пластиковый материал” должно использоваться только для полимерных сырьевых материалов, смешанных с любыми возможными добавками, что делает их технически готовыми к использованию. Вот почему в технической литературе, специализирующейся на пластике, часто используется слово “полимер” вместо “пластик”.

РЫНОК, КОТОРЫЙ НЕОБХОДИМО ПОНЯТЬ. Использование пластмассы для систем водоснабжения стало привычным во всей Европе. Этот материал используется в различных целях: от дренажных систем до водоснабжения и напольных отопительных систем.

Тем не менее, пригодность или непригодность пластиковых труб для транспортировки воды до сих пор не доказана. Основной причиной может быть тот факт, что пластик является относительно новым материалом. Методы испытания еще не приняты. Некоторые производители труб отказываются от проведения каких-либо серьезных долгосрочных испытаний. Иногда даже бывает так, что результаты испытаний вводят в заблуждение.

Компания Wirsbo хочет, чтобы данная книга пролила свет на некоторые факты, касающиеся пластиковых труб. Люди, ответственные за принятие решений относительно выбора типа труб, который необходимо использовать, должны иметь под рукой надежный источник, которым можно было бы руководствоваться.

Иллюстрация 4:2. ***Когда-то бильярдные шары*** *делались из слоновой кости, очень дорогого материала. В 1869 году американец Джон Хайат изобрел материал заменяющий слоновую кость - целлулоид.*

Материалы для труб и трубопроводов

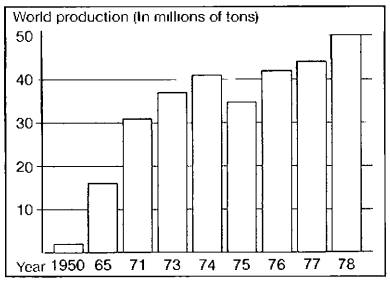
В лучшем случае, мы можем только догадываться что представляют из себя трубы, которые прокладываются из года в год по всему миру. В настоящее время проложены огромные километры трубопроводов, где были использованы самые разнообразные типы материалов. Выбор материала для трубопроводов зависит от таких факторов, как законы, техническая практика, качество, цена, климат и наличие сырья.

Внедрение пластика

Дерево больше не используется в качестве материала для трубопроводов. Около 200 лет назад оно было заменено металлом, который первым начали использовать для трубопроводов. А совсем недавно в обиход вошел другой материал. Пластик внедряется во всех областях производства труб. Например, в Скандинавии 60 процентов подземных дренажных трубопроводов сделаны из пластика. Здесь пластик заменяет бетонные трубы. Развитие этой технологии заняло всего 10-15 лет.

Развитие пластиковых материалов лучше показывают цифры, представляющие мировое производство за последние 3 десятилетия, как показано на Таблице 5:1.

Таблица 5:1.



Энергосберегающее производство

Продолжительность использования новых материалов зависит от их преимуществ над другими материалами, а не только потому, что они являются новшеством.

Пластик выигрывает на рынке трубопроводных материалов, главным образом, за счет бетона и металлов. Эта тенденция заметна во всем мире. Основными факторами развития являются технологические и экономические преимущества пластиковых трубопроводов. Даже небольшие неполадки не могут изменить этот факт. Отличительным признаком пластиковых труб является относительно "низкая стоимость на полностью смонтированные системы" несмотря на то, что они используются, по меньшей мере, столько же времени, сколько и системы из других материалов. Сейчас возникает только один вопрос: насколько быстро данная технология может заменить другие.

Возможность производить пластиковые трубопроводы с относительно небольшими затратами энергии является, без сомнения, второй причиной растущего успеха этих новых материалов. На следующей схеме продемонстрирован этот факт.

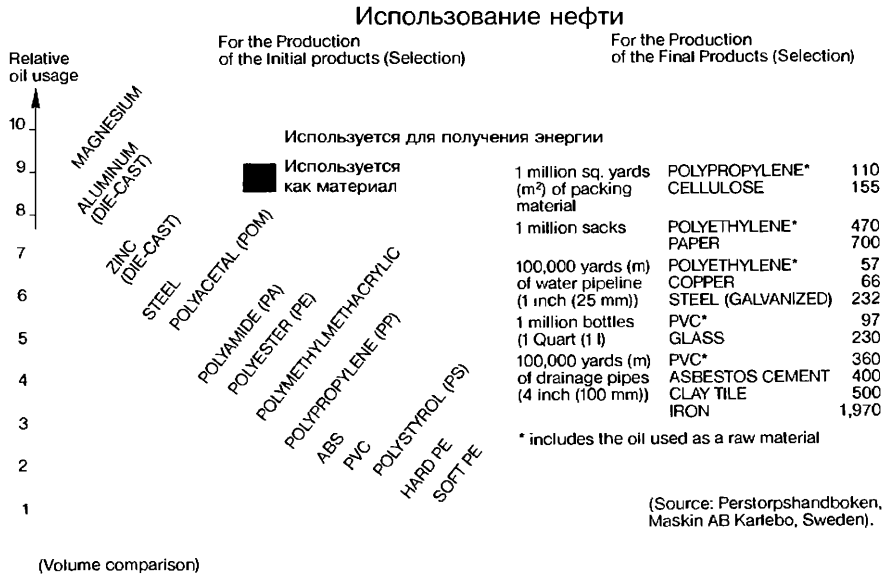


Таблица 5:2. ***Количество нефти**, используемой в производстве различных изделий.*

Обзор мирового производства труб

Технология транспортировки воды по трубопроводам не может устареть. Что постоянно меняется и переживает новое развитие, так это материалы, используемые для трубопроводов. Такие изменения касаются долговечности труб и легкости их монтажа. Тем не менее, наиболее стремительный прогресс происходит во времена, когда необходимо преодолевать нестандартные условия, например, высокое давление, температура,

использование активных химикалий.

Интересно отметить, что сегодня, вместо всех достижений в производстве труб, все еще используются пережитки прошлого. Первое место, без сомнения, занимают глиняные трубы. Если мы посмотрим на мир в целом, мы увидим, что большую часть питьевой воды до сих пор транспортируют в ведрах и кувшинах.

Основные материалы и классы материалов, используемых для трубопроводов, приводятся в Таблице 5:3.

Материалы для труб	Использование
Металлы	Системы канализации
- Медь	- в зданиях
- Сталь	- под землей
- Нержав. сталь	Дренажные системы
- Чугун	Гидравлич. подводящ. трубопроводы
Минералы	Отопительные системы
- Глина	- в зданиях
- Керамика	Трубопроводы питьевой и горячей воды
- Бетон	Системы центрального отопления
- Асбоцемент	Технологический трубопровод
Пластмасса	Трубопроводы (газовые и нефтяные)
- ПВХ	
- PE	
- PEX	
- PP	
- PB	
- ABS	
Древесина	

Таблица 5:3

Иллюстрация 5:1. ***Цестерны и ведра,*** *которые носят на головах - вот как транспортируется вода до сих пор во многих частях света.*

Западногерманский рынок трубопроводов является хорошим примером для сравнения количества и стоимости различных типов труб. Эта классификация показана в Таблице 5:4.

	1980	
Материал для трубопровода	Количество (т)	Сумма (1000 DM)
Керамика……..	311.442	125.545. -
Железобетон (включая дымовые трубы)……	1.244.000	191.996. -
стальные трубы, всего (цельнотянутые и свар.)..	885.000	1.552.492. -
Медь (несплавленная)…….	74.383	351.711. -
Медь (сплавная)……	90.228	551.573. -
PE, армированный GF, и эпоксидные смолы……	833	14.653. -
PE и другие полиолефины……	53.156	238.131. -
ПВХ……	229.002	714.171. -
Другие пластиковые материалы……..	9.692	103.414. -

Таблица 5:4

Использование	ПВХ-С	PB	PEX	PP	Итог
1980					
Наземное отопление (кроме полов)…….	0	30	150	0	180
Отопление полов……...	0	2.085	3.300	5.915	11.300
Радиаторное отопление……	115	150	365	50	680
Водоснабжение/дренажные системы……..	215	150	100	15	480
Другое……..	110	50	320	70	550
Итог……..	440	2.465	4.235	6.050	13.190
1985					
Наземное отопление (кроме полов)…….	0	250	1.020	25	1.295
Отопление полов……...	0	5.550	8.250	10.620	24.420
Радиаторное отопление……	310	1.315	1.575	200	3.400
Водоснабжение/дренажные системы……..	345	1.400	1.225	0	2.970
Другое……..	210	300	1.130	115	1.775
Итог……..	865	8.815	13.200	10.960	33.840
1980					
Бельгия……	40	0	25	125	195
Франция……..	175	10	790	460	1.435
Западная Германия……	20	1.915	2.265	5.070	9.270
Нидерланды……	0	20	0	80	100
Италия……..	20	20	200	20	260
Скандинавия……...	100	370	720	220	1.410
Швейцария……..	0	20	105	50	175
Великобритания……..	85	110	130	25	350
Итог……..	440	2.465	4.235	6.050	13.190
1985					
Бельгия……	40	25	50	425	540
Франция……..	50	950	2.750	1.400	5.150
Западная Германия……	100	5.000	4.600	7.720	17.420
Нидерланды……	25	200	150	125	500
Италия……..	50	170	1.000	300	1.520
Скандинавия……...	100	1.250	3.400	570	5.320
Швейцария……..	0	70	300	200	570
Великобритания……..	500	1.150	950	220	2.820
Итог……..	865	8.815	13.200	10.960	33.840

Таблица 5:5

Использование *(в тоннах) пластиковых труб для горячей воды в Западной Европе. Не-*

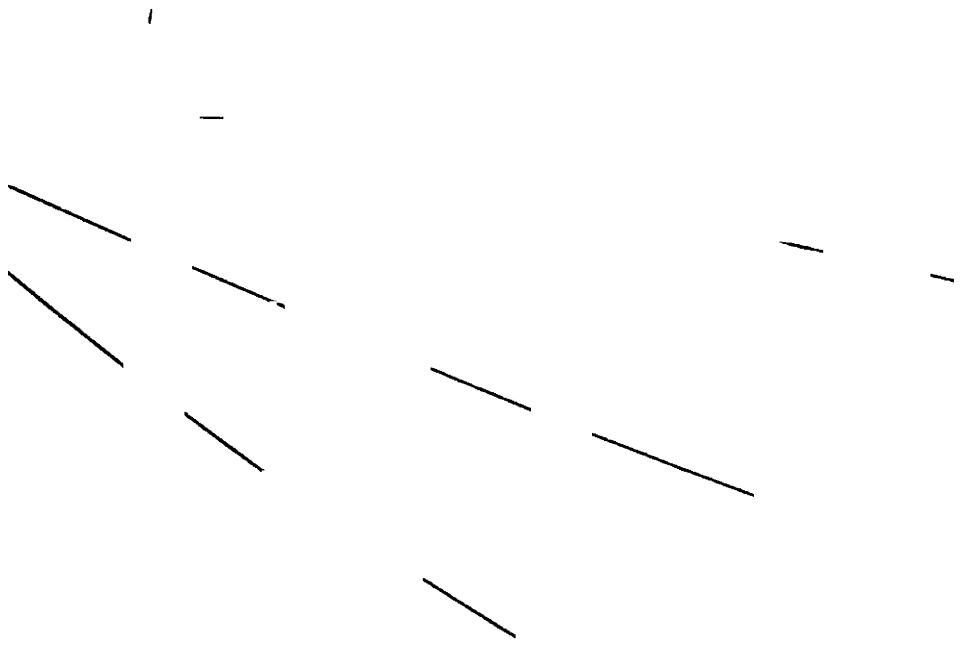
которыми преимуществами использования пластиковых трубопроводных материалов - это долговечность, простой монтаж и затраты меньшего количества энергии при производстве труб.



Иллюстрация 5.2

Продажи пластиковых труб показывают насколько стремительно возросло использование пластика на сегодняшний день. Статистические данные, представленные в Таблице 5:5, классифицированы в соответствии с типом материала, способом применения и страной. В общем, можно сказать, что пластик, без сомнения, является материалом будущего. Вот почему важно, чтобы все, кто работает с этим материалом, узнали о нем как можно больше. Это знание включает в себя информацию о невероятных возможностях и ограничениях этого материала. Этой информацией должны владеть производители, ответственные лица, архитекторы, консультанты, руководители, промышленные рабочие и специалисты.

Иллюстрация 5:2. ***Сравнение*** *количества энергии (нефть), используемой для производства труб, сделанных из поливинилхлорида (слева) и из чугуна (справа).*



Выбор материала

НЕВАЖНО, КАК РЕШАЕТСЯ ВОПРОС о выборе материала для трубопровода, важнее вопрос о состоянии воды.

Загрязнение воды – дело рук человека

В следующем разделе мы ограничимся обсуждением систем, установленных в зданиях, для питьевой воды (холодной), для общего использования (теплой) и для водяного отопления. Для всех этих систем существует целый перечень национальных стандартов и рекомендаций, которые необходимо учитывать при выборе материала. Требования к материалам разнятся, однако мы не будем рассматривать эти различия. Что нас должно действительно волновать, так это различия в состоянии воды.

Нет сомнения, что те, кому необходима вода - люди - являются единственными, кто представляет наибольшую опасность для чистоты воды. С помощью новых технологий мы можем транспортировать воду почти в любое место. Но на что похожа вода, которую мы транспортируем? Не будем скрывать, это какое-то месиво из грязи. И эта ситуация становится все более удручающей с каждым годом.

При горении ископаемого топлива выделяется серный окисел. Затем он выпадает вместе с дождем, преимущественно в виде серной кислоты и делает воду кислой, то есть, понижает его уровень pH (водородный показатель). Тем не менее, вопреки всем законам мы продолжаем относиться к природе как к свалке мусора. Промышленность

часто небрежно распоряжается химикатами. Сельское и лесное хозяйства продолжают неограниченно использовать удобрения и пестициды. Зимой мы защищаем наши улицы и магистрали от снега с помощью невероятного количества соли. Этот список можно продолжать до бесконечности. Все вышеизложенные факторы подвергают грунтовые воды все большей опасности. Теперь мы видим, что вода уже больше не такая, какой она должна быть. В конце концов, в нашем рвении исправить все то, что было сделано с водой, мы добавляем новые химикаты в эту поддерживающую жизнь субстанцию. Что же течет из наших водопроводных кранов?

Вода, в которую поступают вредные вещества, представляет несколько видов опасности. Во-первых, она представляет опасность здоровью людей, которые ее используют. Во-вторых, она представляет опасность для металлических труб, которые из-за разрушения могут также добавлять в воду много вредных веществ.

ПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ НЕ ПОДВЕРГАЮТСЯ КОРРОЗИИ. Пластиковые трубы, которые использовались преимущественно для подачи холодной воды, начиная с середины 50-тых ни разу не подверглись коррозии. В данном случае речь идет не о качестве воды. После всесторонних исследований труб из поперечно-сшитого полиэтилена, трубы Wirsbo-PEX были официально приняты для питьевой воды в Бельгии, Дании, Испании, Италии, Нидерландах, Норвегии, Соединенных Штатах Америки, Федеративной Республике Германии, Финляндии, Швейцарии и Швеции.

Никаких осадков

Другим фактором, оказывающим непосредственное влияние на выбор материала для трубопровода, является содержание извести в воде. Если содержание извести высоко и используются металлические трубы, то необходимо установить более длинную трубу, чем обычно, для того, чтобы обеспечить длительный срок эксплуатации системы. И наоборот, пластиковые трубы отличаются своими гладкими, ровными стенками. Это означает, что не надо бояться образования известковых осадков, которые приводят к закупорке трубы. Поскольку внутренний диаметр отверстия остается практически таким же, должен быть выбран такой размер трубы, который не позволяет возникновению закупорки, которая может образоваться после монтажа. Это способствует более простому и, что важнее всего, более дешевому монтажу. Кроме того, меньшие диаметры сокращают количество воды, проходящей по трубам для получения горячей воды.

Синтетическая пластмасса

Причиной того, что пластиковые трубы еще не сделали решительного прорыва в домашних системах водоснабжения, может являться, главным образом, их плохая репутация. За это производители должны винить только себя.

Технология пластмассы не только молода, но еще и сложна. Она требует от производителей обширных и глубоких знаний, упорства и творческого мышления и, наконец, чувства ответственности. Есть множество историй о неудачах производства пластмассовой продукции, которых хватило бы на несколько книг. Если бы над некоторыми продуктами проводились более добросовестные испытания, то сегодня пластмасса представлялась бы в более выгодном свете.

Иллюстрация 6:1, 6:2. ***Высокие требования*** *выдвигаются к материалам, используемых не в производстве труб. Летательные аппараты, которым еще далеко до суперлегкого Gossamer Albatross (Легкий альбатрос) или челночного воздушного аппарата Columbia (Колумбия), подвергают испытаниям самые исключительные качества пластмассы.*



Иллюстрация 6:3. ***Любые неровности*** *на внутренних стенках труб приводят к образованию отложений. В этом отношении пластиковые трубы имеют преимущество над металлическими трубами. На нижнем рисунке показана металлическая труба с накопленными осадками.*

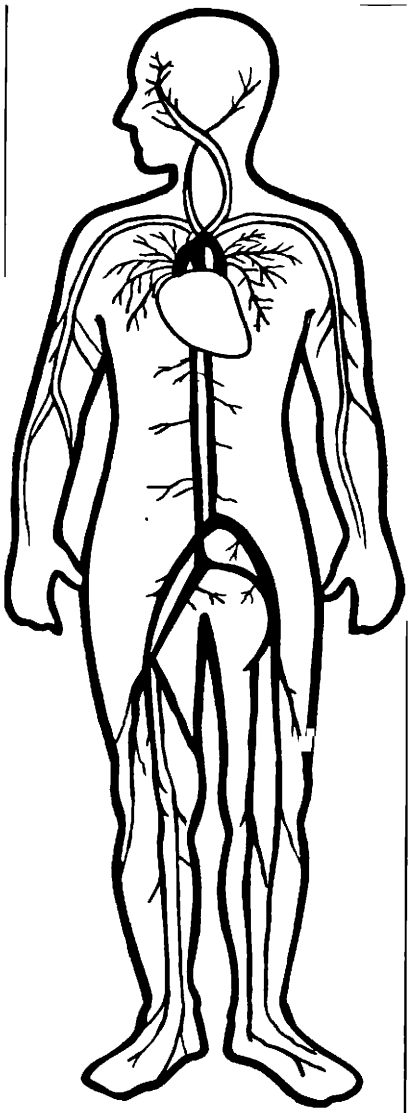


Иллюстрация 6:4. ***Если кровеносные сосуды и капилляры*** *человеческого тела соединить непрерывной цепью, их длина составит 56,000 миль (90,000 км). Сердце непрерывно прогоняет около пяти кварт (5 л) крови через эту разветвленную сеть.*

56 000 миль труб

Когда пластиковые трубы произведены, обработаны и смонтированы должным образом, они обладают невероятными возможностями. В некоторой степени, природа уже сделала это. В человеческом организме сердце перекачивает приблизительно 5 л крови по 56 000 миль (90 000 км) трубопроводов, сделанных из "искусственных" материалов.

Не все потребители настроены скептически. Например, производители автомобилей верят в ценность синтетической пластмассы. В США количество пластмассы в легковых автомобилях удвоилось с 1977 по 1981 год, и предполагалось, что это количество увеличится еще на 50 процентов к 1985 году. Объявленной целью этих перемен является сокращение издержек производства и понижение массы автомобиля для сокращения потребления топлива.

Спектр использования пластмассы очень широк: начиная с изготовления деталей летательных аппаратов, таких как лопасти несущего винта вертолетов, и заканчивая заменяемыми частями человеческого тела, например, пластиковые клапаны для сердца. Синтетическая пластмасса служила в качестве связующего элемента для теплозащитной плитки на челночном воздушно-космическом аппарате. В 1981 году человек перелетел через Ла-Манш на пластмассовом аэроплане.

В будущем с каждым годом мы будем использовать постоянно увеличивающееся количество пластиковой продукции. Консервная тара, электропровода, велосипеды, в которых осталось всего несколько металлических деталей. Все это - продукция, сделанная из пластмассы, которую можно производить уже сегодня. Настоящие ограничения находятся скорее в нашем воображении, нежели в самом материале.

НОВЫЙ НЕФТЯНОЙ КРИЗИС? Что может привести к повторению ситуации, которая привела к двум нефтяным кризисам в 70-тых. Новый нефтяной кризис будет поистине мировым кризисом, который повлияет на все промышленное производство. Тем не менее, пластиковая химическая промышленность выдержала десятикратное увеличение цен на нефть. В тот же период времени цена на сырье, используемое в производстве пластиковых изделий, увеличилась только в три раза.



Иллюстрация 6.5

Во время внедрения новых методов производства и других мер эффективности, цена на производство пластиковых труб осталась относительно стабильной. Цены на готовые трубы остаются неизменными в течение года. По-другому обстоят дела с медными трубами, чьи цены зависят от ежедневных биржевых котировок. В зависимости от событий, имеющих место в странах, производящих медь, цена может взлетать на сотни долларов за тонну день ото дня.

Стоимость полностью смонтированных систем

В действительности, сравнение штучной покупной цены между пластмассовыми и металлическими трубами нет так уж важно. Что действительно важно в длительной эксплуатации, так это стоимость полностью готовой системы. Это сумма, которая учитывает не только используемый материал, но и стоимость труда, вложенного в ее монтаж.

Верно то, что, например, трубы из жесткой меди и необходимые фитинги часто стоят дешевле, чем система, состоящая из труб Wirsbo-PEX при использовании для

снабжения питьевой водой. Однако цена - это еще не все. Трубы Wirsbo-PEX не только легче - пластиковая труба размером 328 футов (120 м) на ¾ дюйма (20 мм) весит около 31 фунта (14 кг), а медная - 240 фунтов (110 кг), но их также можно легко резать, гнуть и соединять. На монтаж пластмассовой трубы уходит меньше времени, что имеет особенно большое влияние на общую стоимость трубопроводной системы.

Иллюстрация 6:5. ***Пластиковая труба*** *- "на вес пера". 400-футовая (120 м) бухта 3/4-дюймовой (20 мм) трубы весит всего 31 фунт (14 кг).*
Иллюстрация 6:6. ***Монтаж*** *трубопроводов для напольного отопления. Чем меньше труба сопротивляется сгибанию, тем легче ее монтировать.*

У ПЛАСТМАССЫ ЕСТЬ СВОИ СОБСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. Даже дилетант с помощью одного прикосновения заметит абсолютную разницу между металлом и пластмассой. Любой, кто бы ни собирался устанавливать пластиковый трубопровод, должен знать, в чем состоит эта разница и в чем преимущества пластмассы, и должен учитывать эти факты при работе с этим материалом.

Обычно, те, кто монтируют металлические трубы, достаточно быстро приспосабливаются к пластмассовым трубам. Они увидят, что пластиковые трубы значительно

Иллюстрация 6.6



облегчают их работу. С помощью доступных учебных материалов любой, кто не является новичком в промышленности, достаточно быстро освоит работу с пластмассовыми трубопроводными материалами

Даже укладка отопительных труб требует базовых специальных знаний, будь то трубы для питьевой воды, горячей воды или наземных отопительных систем.

Помните об изменении длины

Пластиковые трубы можно передвигать. Это часть их природы. В зависимости от изменения температуры, они могут либо расширяться, либо сокращаться. Изменение длины является, главным образом, только эстетической проблемой. Длину можно легко регулировать, спрятав трубу в софиты и другие полости или вмонтировав ее в пол, стену или потолок. Гибкую пластмассовую трубу, установленную в теле водопровода, можно легко менять. Скрытый монтаж водопроводов обычно необходим в случае модернизации, а также при возведении новых зданий.

Другим свойством пластиковых труб, которое известно меньше, чем их тенденция к расширению, является их тенденция к сокращению. Этим свойством обладают все типы пластиковых труб, в большей или меньшей степени, после использования в течении определенного количества времени. Причина может лежать во влиянии давления воды и температуры на молекулярную реструктуризацию материала трубы от осевого направления (параллельно оси трубы) до тангенциального направления (перпендикулярно оси).

В худшем случае полиолефиновые трубы сокращаются на 0.5 процентов. Напряжение при растяжении, которое образуется в результате этого сокращения, достаточно легко выдерживается с помощью технически испытанных сгонных муфт, при этом можно не бояться, что пластиковая труба выскользнет. Если ожидается, что система трубопроводов будет демонтирована позднее, необходимо с самого начала вделать уравнители (компенсаторы).

Высокие температуры и броски давления

По сравнению с металлическими трубами пластиковые трубы более чувствительны к высоким температурам и сильным броскам давления. Трубные сети, используемые для промышленной воды, подвержены воздействию температуры от 195°F. (90°C.) до 205°F. (95°C.) и давлению воды в 145 пси (10 бар), включая коэффициент безопасности давления 1.3-2.

К сожалению, нельзя исключать тот факт, что ошибка во время конструирования или монтажа, повреждение предохранительных клапанов или термостатов могут привести к чрезмерному повышению температуры (возможно даже до 248°F. (120°C.)). Высокие температуры могут сопровождаться резким повышением давления. В таких случаях не совсем ясно, сможет ли пластиковая труба выдержать такую нагрузку, особенно если в системе используются короткие

трубы. С другой стороны, длинные трубы создают эффект, подобный расширительным цистернам, и поэтому могут предотвращать разрыв бойлера.

Трубы Wirsbo-PEX могут выдерживать избыточную температуру до 248˚F. (120˚C.) в течение непродолжительного периода времени без повреждений. Однако, во избежание неблагоприятного влияния высоких температур, первые 6-10 футов (2-3 м) трубы, выходящие из источника тепла, должны быть сделаны из металла.

Даже броски давления до 1000 пси (70 бар) можно смягчить с помощью трубопроводной системы долгосрочной эксплуатации. Способность пластиковых труб удлиняться и, таким образом, ослаблять пики давления способствует уменьшению нагрузки на фитинги трубы, чего нельзя сказать о металлических трубах.

С другой стороны, высокое давление ведет к разрыву трубы. Избыточное давление может иметь место в результате, например, накачки воды в систему, когда водопроводные краны закрыты, и у воздуха нет выхода. В таких случаях внутреннее давление практически удваивает действительное давление на накачиваемую воду. Это означает, что при действительном давлении в 80 пси (6 бар), внутреннее давление может возрасти примерно на 600 пси (35 бар). Сжатие воздуха также приводит к избыточному давлению. (Для получения дополнительной информации об изменениях, происходящих в трубе при данных условиях, смотрите информацию о ползучести на стр. 43 и 82).

Иллюстрация 6:7. ***Гибкую*** *пластиковую трубу можно производить любой длины.*

МОДУЛЬ УПРУГОСТИ. Пластиковая труба должна быть гибкой и относительно мягкой, что поможет сберечь деньги и время. В этом случае труба теряет значительную часть негабаритности. В большинстве случаев

даже отпадает необходимость использовать колено. Гибкость трубы зависит от ее толщины и такого ее свойства как модуль упругости или, как его иногда называют, Е-модуль. Говоря научным языком, модуль упругости описывает отношения между напряжением (σ измеряемое в пси или N/mm^2), оказываемом на определенный участок материала (в данном случае - это участок трубы), и пределом, до которого она растягивается (ε). Данное соотношение измеряется в дробях или процентах. Величина растяжения выводится из уравнения:

$$\varepsilon = \Delta l/l \times 100 ,$$

где l = исходная длина, а Δ l = увеличение длины.
Если бы кривая напряжения-упругости была прямой, это бы означало, что испытываемый материал полностью эластичен. Тогда Е-модуль будет равен спаду кривой σ:

$$E = \sigma/\varepsilon \qquad \%$$

До сих пор мы представляли общепринятые математические факты. Когда же поднимается вопрос об истолковании и представлении результатов, то здесь нет единого мнения. Такие условия испытания, как температура и степень напряжения, очень важны. Например, высокая температура и низкое напряжение ведет к низкому модулю упругости. Сравнение модуля упругости двух пластмасс, испытанных при разных условиях, является, с учетом этих фактов, достаточно обманчивым, если не абсолютно неоправданным. Даже начальная или контрольная точка Е-модуля не всегда одинакова. Одни производители помещают один из тангенсов на нулевой точке системы координат (при касании 0%). Другие же учитывают 1% или 10% напряжения при растяжении.

Результатом, которого можно достичь на основе Е-модуля, является то, что чем меньше значение Е-модуля пластмассовой трубы, тем она более гибкая и имеет меньше ограничений при монтаже. Однако объективное сравнение возможно только при условии, что метод определения Е-модуля и его отправная точка одинаковы. В таблице 6:2 приводится пример модуля упругости (Е-модуля) трубы Wirsbo-PEX при различных условиях.

Несмещенное сравнение

Компания UNIFOS Kemi AB, один из ведущих производителей полиэтилена в Европе, провела испытание на сравнение модуля упругости различных типов труб, используемых для напольного отопления. Каждая из этих труб подверглась четырем испытаниям на разрыв, во время которых они растягивались на 2 дюйма (50 мм) в минуту. Длина испытываемых образцов составляла приблизительно 2-1/8 дюймов (55 мм).

Модуль секущей измерялся, когда образец был растянут на 10%. Это значение приближается к тому, которое будет встречаться при практическом использовании. В Таблице 6:1 сведены результаты данного испытания.

Материал для трубы	A	B	C	D
Модуль секущей (пси, где ε = 10%) (N/mm^2, где ε = 10%)	23, 061 +/ -435 159 +/-3	30, 168 +/ -725 208+/ -5	26, 107 +/ -1015 180+/ -7	31, 038 +/ -435 214+/ -3
Модуль секущей (сравнительный)	1	1.3	1.1	1.3

Таблица 6:1
Материал для трубы A: PEX (Wirsbo PEX)
B: Сополимер полипропилена (PP-C)
C: Полибутилен
D: PEX (структурирующее излучение)

Гибкая жесткость *(абсолютная и относительная) различных материалов для труб.*

Как показывает таблица типы B и D являются самыми неэластичными, а поэтому с ними труднее всего работать. Производители труб типа B рекомендуют нагревать трубу до 120°-140°F. (50°C-60°C) для уменьшения напряжения, а значит и для снижения опасности разрушения через некоторое время после монтажа.

Модуль	Растяжение ε (%)	100%/мин		Скорость растяжения 1%/мин		Температура	
						°F.	°C.
Секущая	1	124,009	(855)	73,245	(505)	73.4	(23)
	10	28,283	(195)	18,855	(130)	73.4	(23)
	1	26,832	(185)	18,855	(130)	176	(80)
	10	10,153	(70)	7,252	(50)	176	(80)
Касательная	1	84,848	(585)	41,336	(285)	73.4	(23)
	10	7,252	(50)	2,901	(20)	73.4	(23)
	1	20,305	(140)	13,053	(90)	176	(80)
	10	2,900	(20)	2,175	(15)	176	(80)

Таблица 6:2

***Модуль упругости E** (psi или, в скобках, N/мм²) поперечно-сшитого полиэтилена.*

(Глава 12, раздел «Физ. И тех. Рейтинг некоторых специфических материалов»)

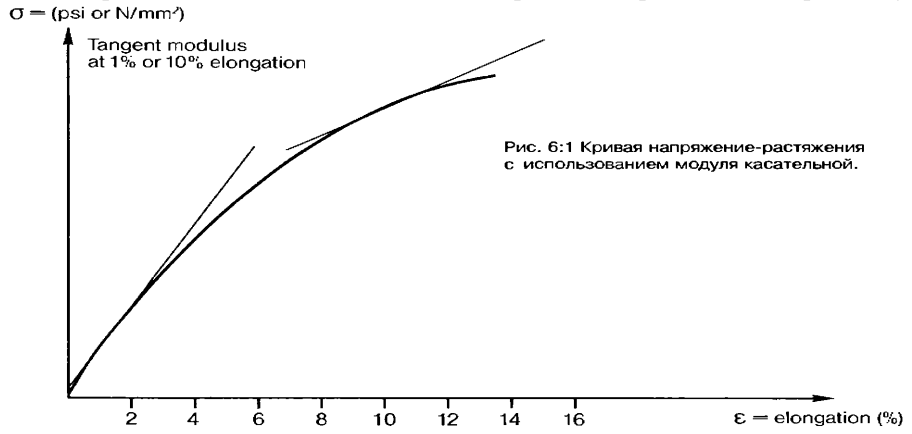


Рис. 6:1 Кривая напряжение-растяжения с использованием модуля касательной.

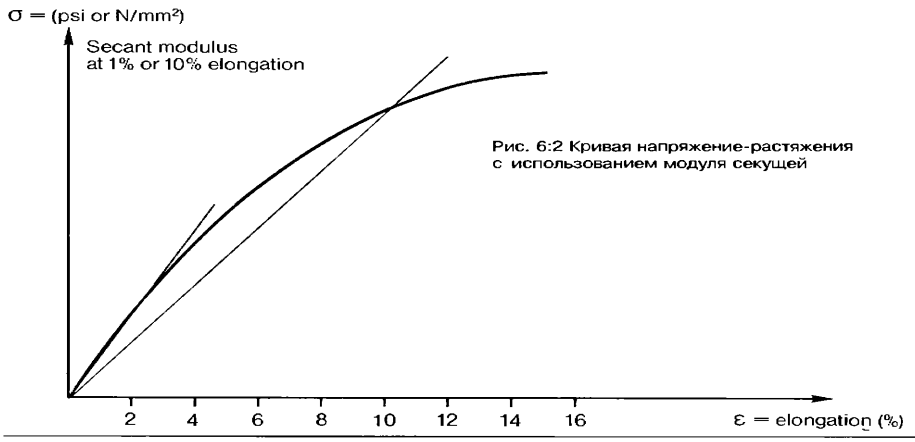


Рис. 6:2 Кривая напряжение-растяжения с использованием модуля секущей

ПРОНИКНОВЕНИЕ КИСЛОРОДА. Является ли это проблемой? Пластиковые трубы, сделанные из PE, PEX, PP и PB, могут, до некоторой степени, пропускать газы. Причина кроется в молекулярной структуре этих типов пластмасс.



Иллюстрация 6:8. ***Прибор для измерения*** *кислородного проникновения. Прибор (Wirsbo-Mocon) работает либо с газонаполненной, либо с водонаполненной трубой.*

Разница проницаемости различных материалов измерима. Тем не менее, степень различия незначительна в переводе на долгосрочное использование. Может ли это свойство привести к возникновению проблем в наглухо закрытых очагах (например, система напольного отопления), зависит от множества факторов. Температура является определяющим фактором. Менее важны внутреннее давление системы и скорость потока. Проникновение ведет к незначительному увеличению содержания кислорода в воде. Это, в свою очередь, представляет опасность общей коррозии для металлических компонентов системы. Качество воды, используемой в системе, является определяющим фактором того, имеет ли место, и до какой степени, коррозия. Что касается поверхностного отопления, для которого используются пластиковые трубы, то у нас уже есть более чем десятилетний опыт в оценке проблемы коррозии. Количество напольных отопительных систем, работающих сегодня в Европе, насчитывает миллионы. Несмотря на большое количество систем, было обнаружено только несколько случаев возникновения проблем, когда проникновение кислорода нельзя было исключить как способствующий фактор. Наоборот, большинство проблем возникали в результате трудностей циркуляции. Эти проблемы устраняются извлечением системы.

Есть несколько способов уменьшения риска возможной опасности, возникающей из-за проникновения кислорода. Они включают:

1. добавление в воду веществ, замедляющих действие коррозии;
2. разделение источника тепла и напольной отопительной системы с помощью теплообменника;
3. использование пластмассовой трубы с опалубкой, препятствующей проникновению кислорода.

Антикоррозионные реактивы

С помощью добавления определенных химикатов (ингибиторов) окисление металлических компонентов можно уменьшить или даже предотвратить. Антикоррозионные реактивы, которые также называются ингибиторами, можно разделить в соответствии с их функциями:

- Абсорбенты кислорода. Они вступают в реакцию с кислородом, поступающим в воду, и удерживают количество кислорода, которое фактически могло бы привести к коррозии, на минимальном уровне.
- Реактивы, которые предотвращают разъедающее действие на поверхности металлических компонентов электрохимическим способом. В зависимости от их действия, делается различие между анодными, катодными и теми реактивами, в которых используется комбинация того и другого.

При работе с химической защитой в отопительных системах для полов наибольший интерес представляют ингибиторы. Их работа состоит в предотвращении коррозии стальных поверхностей. Производители этих защитных задерживающих реактивов являются теми, кто имеет наиболее глубокие знания в этой области. Только они могут сказать, какой материал наилучшим образом подходит для каждого конкретного монтажа.

Ингибитор коррозии должен обладать и другими характеристиками:

- анодный защитный механизм для общей защиты от коррозии.
- катодный защитный механизм для предотвращения локализированной коррозии,

такой как язвенная коррозия.

- теплостойкость, то есть способность выдерживать температуры, которым подвергается система.
- наименьшие потери от возможного действия, исходя из определенных характеристик воды, используемой в системе. (Характеристики предложенного ингибитора должны быть документально подтверждены производителем.)
- отсутствие отрицательного действия на пломбы и пластмассовую трубу.
- простой метод определения количества ингибитора в воде.
- защитный механизм для металлических компонентов системы, а также для пластмассовой трубы.

Здесь нужно сделать предупреждающее примечание. Опыт работы с ингибиторами все еще ограничен. Выбирать и использовать эти материалы необходимо с предельной осторожностью и только под руководством опытных продавцов. Использование недостаточного количества материала или материала, не обладающего соответствующей степенью защиты, может привести к образованию язвенной коррозии, особенно на стальных компонентах. Если нужный эффект не достигнут, ингибитор может принять обратное действие, тем самым увеличив опасность язвенной коррозии. В нескольких случаях наблюдался именно этот результат.

Разделение системы

Деление системы на бойлерный канал и отопительный канал, соединенных теплообменником, является решением, которое имеет большие перспективы. Разумеется, в такой системе отопительный канал должен состоять из компонентов, сопротивляющихся коррозии. В ближайшем будущем такой тип систем появится на рынке.

Пластиковые трубы, не пропускающие кислород

Здесь мы рассмотрим трубы, уже покрытые слоем защитного материала. Этот отклоняющий барьер предотвращает, или существенно понижает, проникновение кислорода через стенки трубы. Есть несколько альтернатив, которые теоретически могут использоваться для выполнения этой задачи. Но для того, чтобы гарантировать ее практическую ценность, должны быть удовлетворены определенные требования, а именно:

- Барьер должен уменьшать проницаемость кислорода в полиолефины (PB, PE/PEX, PP), по меньшей мере, на одну десятую нормальной средней величины для конкретного материала.
- Барьерный слой должен быть крепко приделан к трубе. Это должно предотвращать проникновение воздуха в пространство между трубой и барьерным слоем на тот случай, если обшивка будет повреждена.
- Температурные изменения не должны иметь неблагоприятного воздействия на срок эксплуатации защитного барьера. Это требование особенно трудно выполнять, если пластиковая труба и защитный барьер имеют различные коэффициенты эластичности (как, например, пластик и алюминий).
- Должна быть возможность производить колено и рукав без повреждения защитного покрытия. То же требование необходимо соблюдать при транспортировке такой трубы и при ее монтаже.

Соблюдение всех этих требований уменьшает риск возникновения проблем во время использования трубопроводной системы, но это также означает, что стоимость всей системы будет выше. Тот факт, что, в соответствии с накопленным опытом, угроза проблем, возникших в результате проникновением кислорода, минимальна, должен учитываться при выборе используемого материала. Примером трубы, сконструированной в соответствии с этими требованиями, служит Wirsbo-pePEX. Это пластиковая труба с кислородным барьером из полимерного слоя.

Методы испытаний

СЕГОДНЯ еще есть люди, которые считают, что все пластиковые материалы одинаковы. Это не так. Физические, химические и технические свойства пластика гораздо более разнообразны, нежели свойства других групп материалов, например, металлов. Все, кто использует пластик, должны помнить об этом.

Также следует помнить, что первые пластиковые трубы были сделаны только для снабжения холодной воды. Этот факт оставил свой след и до сих пор отображается в различных стандартах и руководствах по испытаниям. Трубы, которые должны выдерживать температуру воды 70˚F. (20°С.), не подвергаются такой нагрузке, как при температурах воды 140˚ или 200˚F. (60° или 95˚С.). К сожалению, некоторые производители труб не хотят этого признавать. Даже некоторые государственные испытательные органы имеют трудности с удовлетворением быстрых темпов развития в пластиковой промышленности и технологиях производства труб.

Ненадежные методы

Использование пластиковых труб для снабжения холодной воды регулируется большинством стандартов и норм. Эти нормы действительны для проектирования и производства, а также для испытания и практического использования. В настоящее время все производители и испытательные лаборатории признают метод долгосрочного испытания при низких температурах воды (60˚-140˚F. или 20˚-60˚С.) и определение специфических коэффициентов безопасности различных материалов для труб.

Вот примеры некоторых коэффициентов безопасности: полиэтилен (PE), достаточно прочный материал, обладающий качественными характеристиками: 1.3; полипропилен (PP): 2.0; поливинилхлорид (ПВХ): 2.0-2.5; полибутилен (PB): 1.8-2.0.

Иногда предпринимаются попытки проверить стойкость материалов при низких температурах, например, при 200˚F. (95°С.). В условиях нагрузки, образующейся под воздействием горячей воды, возникает множество новых факторов, которые могут отрицательно влиять на долговечность пластиковых труб. Вот почему необходимо планировать долгосрочные испытания не только с учетом всех параметров, которые могут повлиять на срок эксплуатации изделия, но и с учетом различных комбинаций этих параметров.

Также технически неоправданным было бы обобщение результатов испытаний, проведенных на одном типе трубы, и приложение их ко всем трубам одного типа. Только в случае с трубами PEX можно выделить пять методов производства. Было бы нечестно со стороны производителя выпускать на рынок трубу в сопровождении с техническими данными, выбранными из испытаний, проведенным на другом изделии.

Наихудшими примерами такого рода могут быть результаты испытаний образцов при температурах от 275° до 340°F. (135°-160°C.). Время, за которое образцы плавятся или начинают обесцвечиваться, затем используется в качестве показания срока эксплуатации трубы при температурах от 180° до 200°F. (80°-95°C.). Следуя тем же рассуждениям, стальные трубы, лучше чем медные, подходят для снабжения горячей воды, поскольку первые могут выдерживать высокие температуры и при этом не плавиться.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДИТЕЛЮ. Все эти факты означают, что относительно гарантий или подтверждений качества продукта клиент должен обращаться к производителю и продавцу. Особенно, если таким продуктом является труба, которая должна использоваться для снабжения горячей воды. Разрыв трубы для холодной воды, проложенной в грунте, не является большой катастрофой. Однако последствия утечки горячей воды в трубе для напольного снабжения в многоквартирном доме могут быть серьезными.

Каждая производственная компания, заботящаяся о своей репутации, должна документировать результаты испытаний на своих собственных изделиях следующим образом.

1. РАЗМЕРЫ И МАРКИРОВКА
ТрубНа трубе должна быть указана определенная информация. Маркировочные знаки служат для быстрой идентификации трубы. Они должны содержать наименование производителя, размер трубы, дату производства, номер станка и оператора станка. Эта информация позволит быстрее обнаружить причины возможных неисправностей.

2. ПРЕДЕЛ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ
Испытания на длительную прочность должны проводиться квалифицированной независимой испытательной лабораторией. Если производитель хочет провести дополнительные испытания самостоятельно, это добавит еще больше надежности.

3. УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ
Пластиковые трубы, используемые в трубопроводах для снабжения питьевой воды, должны иметь официальное подтверждение пригодности для этой цели.

4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА
Проводя текущий контроль над качеством своей продукции, компания-производитель гарантирует потребителю, что продукт обладает качеством, документированным различными испытаниями. Такой контроль над качеством особенно заслуживает доверия, если для проведения испытаний производитель обращается к независимым испытательным лабораториям.

5. ИСПЫТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ
Производители также обязаны доказать, что труба будет обладать ожидаемыми свойствами при практическом использовании, путем проведения испытаний в условиях эксплуатации.

Далее мы более подробно рассмотрим некоторые характеристики.

Иллюстрация 7:1. ***Испытательное оборудование***, *используемое для проведения испытания пластиковых труб под внутренним давлением до разрушения. Это - всемирно признанное испытательное оборудование, управляемое компанией Studsvik Energieteknik AB. Во время испытания к образцу прикладывалась нагрузка и давление настолько долго, пока образец не разрушиться.*

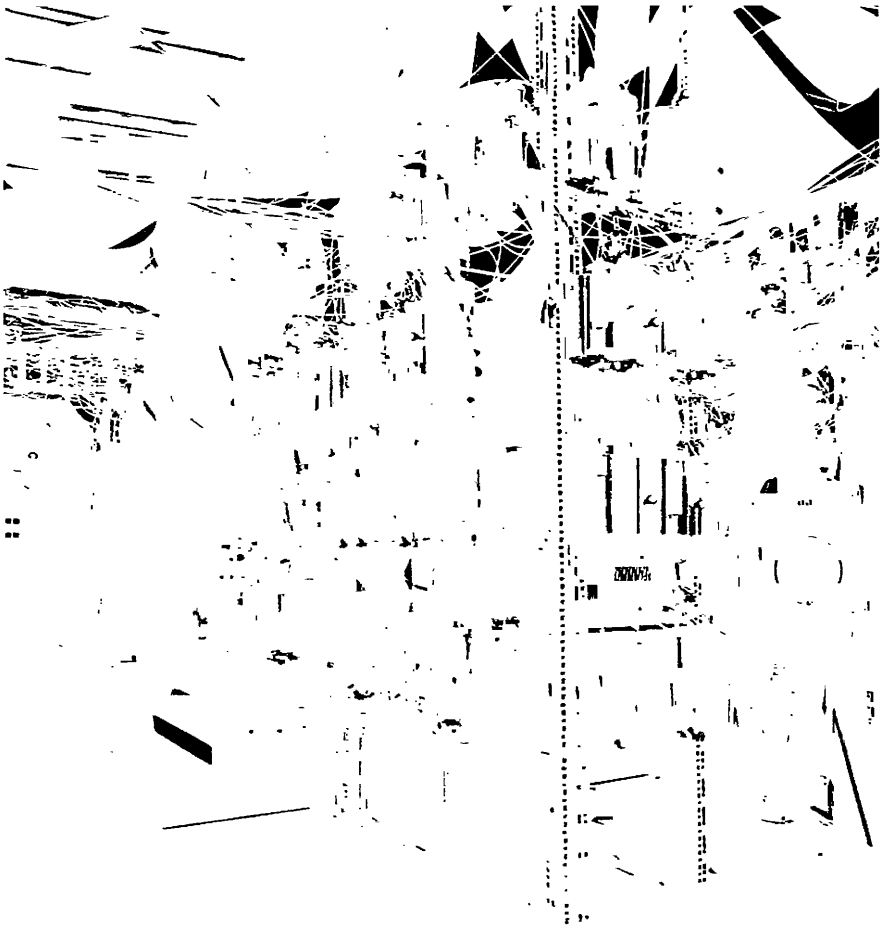


Иллюстрация 7.1

ИСПЫТАНИЕ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ

“Есть надежда”. Эти слова часто используются, чтобы скрыть неуверенность относительно результатов. Однако при монтаже пластиковых трубопроводов нельзя довольствоваться тем, что не заслуживает доверия. Вы имеете полное право спрашивать о сроке эксплуатации.

Большей частью, ответ на этот вопрос могут дать испытания на время до разрушения. И тут же возникает следующий вопрос. А именно: как проводятся такие испытания, и к каким результатам они приводят?

Теплота и давление

Во-первых, трубу, над которой будет проводиться испытание, необходимо точно измерить. Затем конец патрубка герметизируется на одном конце, наполняется водой и другим концом прикрепляется к источнику давления. После этого образец помещается в банник с горячей водой или в термошкаф.

Шведская испытательная лаборатория, Studsvik Energiteknik AB, всемирно признанный институт испытаний пластиковых труб, предлагает прибор с испытательной мощностью, которая указана в Таблице 7:1.

Испытательные рабочие станции: 650 **Размеры труб:** до 4 дюймов (118 мм в диаметре) **Температуры:** от 75˚ до 250˚ F., +/ - 1° F. **Давление:** 0-450 пси (+/ - .2 пси) (0-3 МПа, +/ - 10 МПа) 50 уровней давления **Средство испытания:** вода, воздух, реактивы, стимулирующие возникновение трещин под напряжением

Таблица 7:1

Отношения между временем и напряжением

Для того, чтобы составить достоверный график времени эксплуатации трубы до разрыва, необходимо сделать большое количество разрывов в течение продолжительного периода времени. Чтобы быть точными, необходимо сделать, по меньшей мере, 15 разрывов при каждой температуре испытания через определенный промежуток времени. Каждая точка разрыва демонстрирует определенное отношение между моментом нагрузки или промежутком времени прилагаемой нагрузки и величиной напряжения. Нагрузку на стенку трубы можно вычислить по такой формуле:

Где: p = внутреннее испытательное давление d_o = наружный диаметр s = толщина стенки

Таблица 7:2

$$\sigma_v = \frac{p \cdot (d_o - s)}{2s}$$

На основе вычисленных значений напряжения мы получаем так называемый график времени эксплуатации трубы до разрыва. Он имеет такой вид (см. Рис. 7:1-7:2:3).

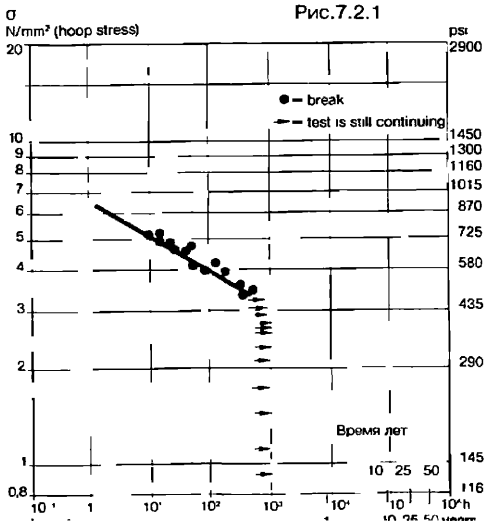
Положение кривой не достоверно

При отслеживании предела длительной прочности трубы точки разрывов распределяются неравномерно по всей системе координат. Это представляет проблему. Какой тип кривой можно использовать для соединения этих точек? Ответ на этот вопрос лежит на совести тех, кто проводит испытания. Данную проблему можно разрешить с помощью математических правил и правил построения кривых. Таким образом, следует уделить особое внимание применению этих правил. В данном случае это означает принятие решения о размещении кривой в системе координат.

Сначала не вполне понятно, где следует поместить кривую. Какой вид она должна иметь? Мы имеем дело со средними значениями или с минимальными значениями? Вероятность того, что труба будет представлять рабочие свойства близкие, или даже лучшие, чем нормы, установленные результатами испытаний, будет выше, если производитель представит кривую с минимальными значениями.

Wirsbo всегда основывает свои кривые времени эксплуатации трубы до разрыва на минимальных значениях. В результате статистическая достоверность составляет 99 процентов.

Рис.7.2.1



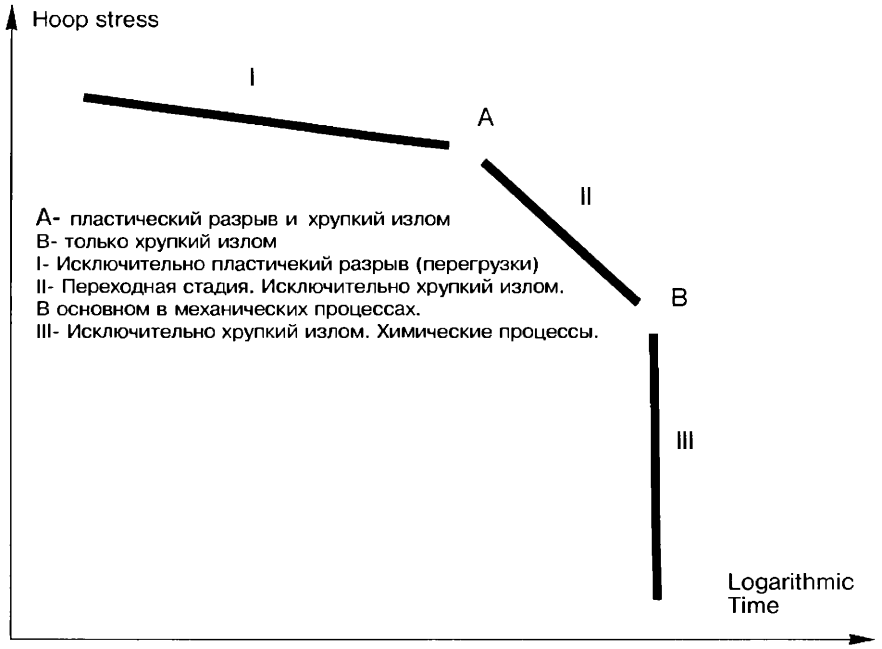
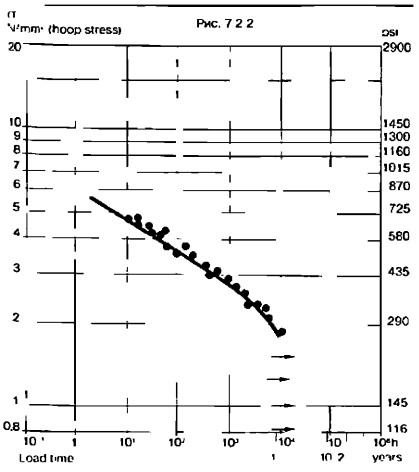


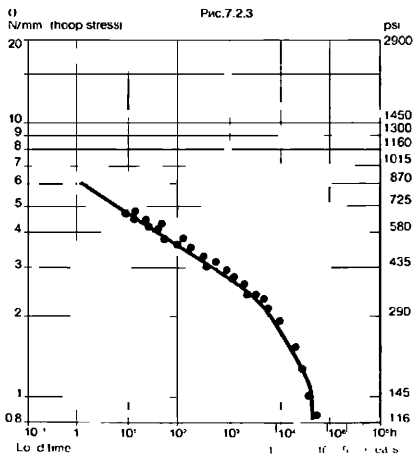
Рис. 7:1 ***Кривая времени эксплуатации трубы до разрыва, основанная на испытаниях под внутренним давлением на пластиковую трубу (общий вид).***

Рис. 7:2:1. *Результаты испытаний после 500 часов. Во многих случаях образцы уже были разорваны (точки). В других случаях испытания продолжались (стрелки).*

Рис. 7:2:2. *Результаты испытаний после 8 700 часов (приблизительно год). Линия, которая до сих пор была прямой, начинает спадать.*

Рис. 7:2:3. *Результаты испытаний после 5 лет. На данный момент все образцы разорваны. Кривая стремительно падает.*





Насколько продолжительной может быть "долговременная эксплуатация"?

К сожалению, некоторые производители больше заинтересованы в получении быстрой прибыли, чем в проведении серьезных и трудоемких испытаний, на которые необходимо тратить деньги.

Необходимо задать вопрос, до какой степени кривая была построена на графике, и до какой степени она зависела от экстраполяции (теоретического проецирования). Что касается некоторых важных пластиковых материалов, испытания на предел прочности продолжались 100 000 часов (более десяти лет). В США испытания обычно длятся 10 000 (10^4) часов при определенной температуре испытания. Исходя из этого промежутка времени, разрешается экстраполяция в 10 лет.

Для продолжительного периода времени, 10 000 часов считаются минимальным временем испытания. Тем временем, появляется все больше и больше специалистов, которые полагают, что на подобное испытание необходимо выделить 30 000 часов (приблизительно 3,5 года). МОС (Международная организация по стандартизации) даже говорит о 40 000 часах.

Определяющий фактор: время

Все графики времени эксплуатации до разрыва призваны доказать, что испытываемая труба будет иметь срок использования не менее 50 лет. Это своего рода принятие желаемого за действительное, основанное на некоторых категорических суждениях. Дома, которые строятся, имеют предполагаемый срок эксплуатации 80, 90 или 100 лет. По этой причине имеет смысл производить такие трубы, которые служили бы также долго.

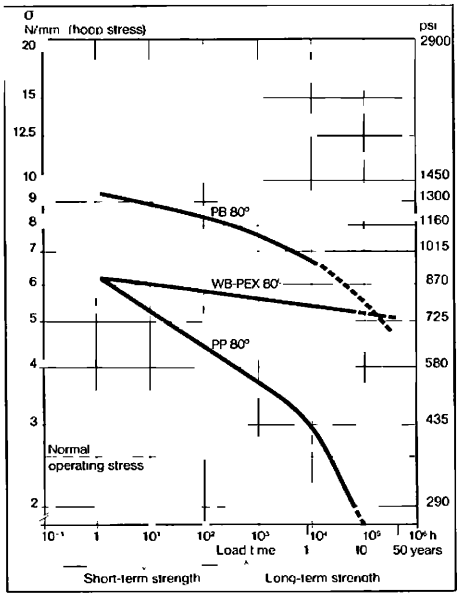
Мы еще не можем дать точного объяснения образованию трещин в результате ломкости. Некоторые исследования показали, что причина лежит в окислении кислородом, который присутствует в атмосфере. Компания Wirsbo не разделяет эту точку зрения. Испытания на время эксплуатации до разрыва, проведенные при температуре 180˚F. (80°C.) на нормальном (не поперечно-сшитом) полиэтилене, привели к образованию большого количества трещин на трубе уже через 100 часов, что в свою очередь привело к спаду (так называемому подкосу) кривой прочности. Это слишком короткое время для образования химического пробоя. По нашему мнению (как показано на рис. 7:1), хрупкий излом, наблюдаемый в Фазе II, образуется в результате механических процессов. С другой стороны, хрупкий излом трубы в Фазе III образуется исключительно из-за окисления при высоких температурах (тепловой пробой).

Если, ожидается, что нормальная рабочая температура будет выше 100˚F. (40°C.), важно проверять графики времени эксплуатации до разрыва всех типов труб, предназначенных для использования при высоких температурах. До какой степени график соответствует фактическим данным? Зависит ли дальний конец кривой от экстраполяции?

Иллюстрация 7.2. Пластичный разрыв *Иллюстрация 7.3. Хрупкий излом.*

Если это так, учитывает ли кривая спад, который является естественным, когда точки излома наносятся на основе фактических данных испытания? Наблюдения, сделанные ранее, привели к заключению, что "чем продолжительнее время испытания, тем точнее будет результат, представленный на графике".

Также полезно проводить сравнение спада кривой времени эксплуатации до разрыва различных типов пластика для труб. Уровень спада зависит от каждого отдельного типа материала. В случае с ПХВ и PP кривая может резко снижаться. PEX (Wirsbo-PEX), наоборот, представляет постепенный спад. Это означает, что прочность материала менее зависима от времени. Одним из результатов является то, что хотя прочность, обнаруживаемая трубой PP (полистирол) во время краткосрочного испытания, значительно выше, обратный эффект имеет место при продолжительном испытании. Также верно то, что если между прочностью трубы PP при низких и высоких температурах есть большой промежуток, то разница для трубы Wirsbo-PEX сравнительно невелика.



Посмотрите на сравнение предела прочности на рис. 7:3. Пунктирные линии на рисунке представляют собой экстраполированные данные. Обратите внимание, что в первом случае тенденция к понижению, которая обычно составляет Фазу II, выходит из кривой характерной для трубы PEX (Wirsbo-PEX). По истечении девятилетнего испытания при температуре 203˚F. (95°C.) мы пришли к выводу, что нет разницы между Фазой I и Фазой II для трубы Wirsbo-PEX. Только, если температура достигает очень высокого уровня, начинается термальный износ (окисление) (Фаза III).

Рис. 7:3. ***График времени эксплуатации до разрушения*** *для прямой гладкой трубы, испытанной с водой.*

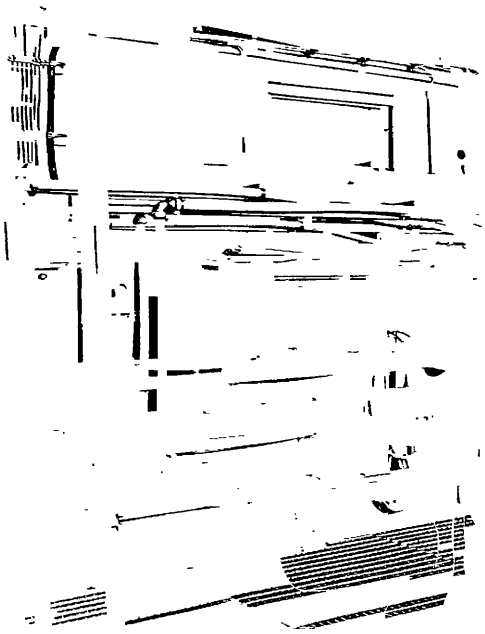
Ускоренные испытания

Одним из способов достижения одинаковых результатов быстрее, чем с помощью продолжительных испытаний является проведение испытаний при высоких температурах. Анализ (толкование) этих результатов следует проводить с максимальной тщательностью. Даже температура, выше нормальной на 15˚-20˚F. (8°-10°C.), может привести к молекулярным изменениям. Результатом будет то, что для испытания будет использоваться совершенно другой материал. Даже показатель работы стабилизаторов, предотвращающих окисление (износ), может радикально меняться при высоких температурах. Если ускоренные испытания призваны привести к достоверным результатам, следует учесть множество факторов. Эти факторы необходимо рассматривать в контексте нормальных и повышенных температур. Компания Wirsbo провела исчерпывающие испытания для того, чтобы прийти к этим отношениям и сравнениям.

Прямая труба не дает ответов на все вопросы

То, что мы слышали до сих пор относительно продолжительных испытаний, справедливо только для прямых труб. Несмотря на то, что результаты этих тестов важны, они не предоставляют нам информации достаточной для того, чтобы прийти к заключению о сроке эксплуатации трубы. Монтаж и использование оказывают большую

нагрузку на трубу. Она гнется и царапается. Вещества, которые приводят к образованию трещин, и другие химикалии, которые могут содержаться в воде, оказывают сильное воздействие на трубу. Это только некоторые из многих примеров, которые можно привести.



Изогнутые трубы

Коэффициент упругости (Е-модуль) пластиковой трубы является, среди всего прочего, мерой ее гибкости. Общеизвестно, что пластиковая труба более или менее легко гнется, с одной стороны, и чувствительна к внутреннему напряжению, создаваемому в результате изгиба, с другой стороны. Чем менее гибким является материал, используемый для трубы, тем менее труба пригодна для сгибания.

По этой причине правильно будет попросить производителя предоставить результаты долгосрочных (не менее 3000 часов) испытаний на время эксплуатации до разрыва под внутренним давлением. Эти испытания необходимо проводить при наивысших рабочих температурах на трубе с изгибами, эквивалентными наименьшим изгибам, разрешенным для испытываемой трубы.

ОБРАЗОВАНИЕ ТРЕЩИН ОТ НАПРЯЖЕНИЯ. Термин “образование трещин от напряжения” используется для определения хрупкого излома материалов, которые обычно склонны к разрыву при ползучести. Трещины от напряжения могут образовываться под воздействием механических сил (внешних или внутренних), когда имеет место влияние других агрессивных веществ, даже если напряжение ниже того, которое обычно приводит к образованию трещин.

Классическим примером образования трещин от напряжения служит поликарбонатный стержень, который остается нормальным при растяжении, пока он не сталкивается с каплей метил хлорида. В момент контакта стержень неожиданно распадается на мелкие кусочки.

Аналогично, образование трещин от напряжения в трубе часто является результатом внутреннего напряжения и наличия нечистот в воде. Внутреннее напряжение можно определить, погрузив патрубок в сосуд с метил хлоридом. Другой способ - это отрезать кусок трубы и нагреть его. Любое изменение формы указывает на присутствие внутреннего напряжения.

Насколько важно знание о склонности трубы к образованию трещин от напряжения? Это может быть вопросом жизни и смерти! Труба, которая подвергается воздействию внутреннего напряжения, является уязвимой трубой. Это усугубляется напряжением, которому труба подвергается при монтаже, например, сгибание. Результаты испытания, полученные во время испытания на время эксплуатации до разрыва прямой трубы, при данных обстоятельствах больше не являются достоверными.

Не допустима зависимость от предположений при работе со свойствами, имеющими решающее значение для долговечности трубы, такими как склонность к образованию трещин от напряжения. Вот почему необходимо требовать от производителя два разных типа информации, если трубу нужно согнуть. Первый тип - это данные по испытаниям на время эксплуатации до разрыва при максимальных рабочих температурах.

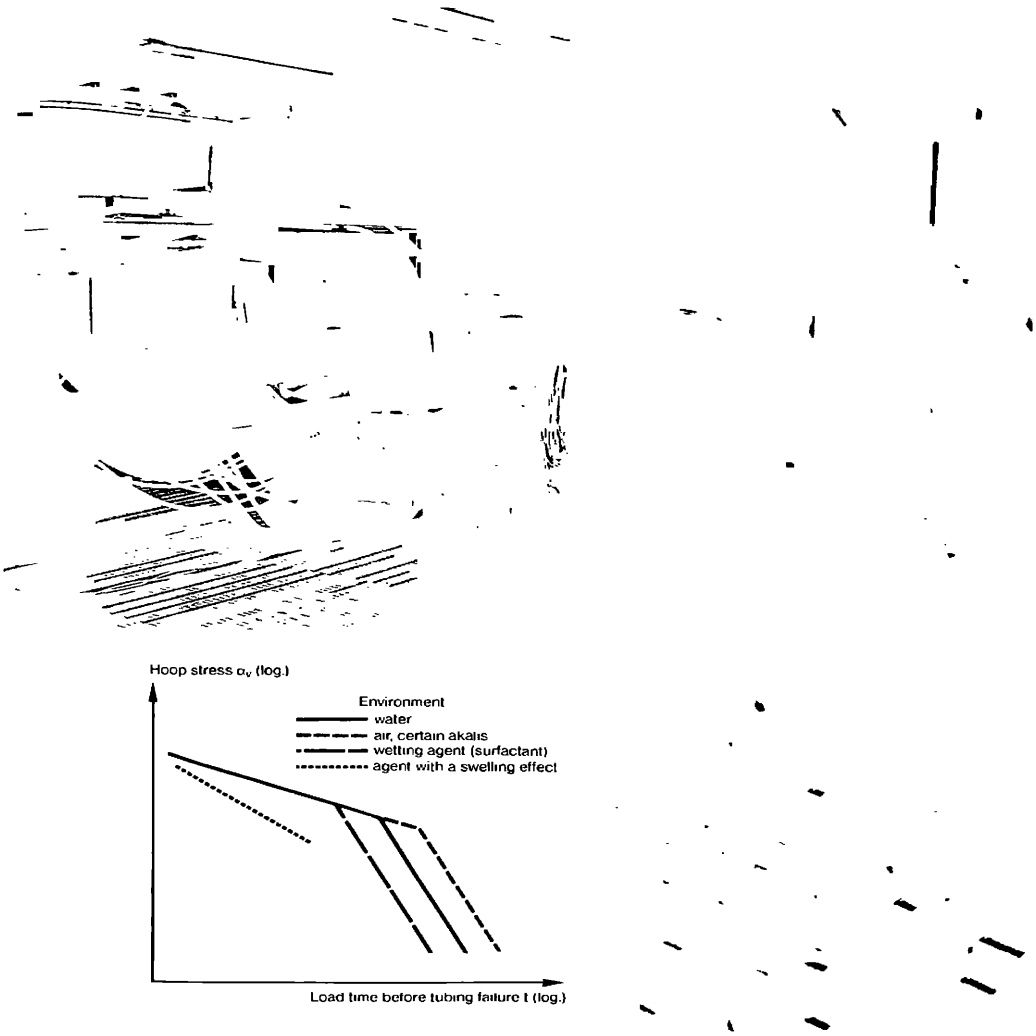


Рис. 7.4. ***Влияние различной среды*** *на поведение полиолефинов во время эксплуатации до разрушения при нормальных температурах.*

Второй тип - это данные по испытаниям, проведенным с веществами, которые способствуют образованию трещин от напряжения (детергенты).

Компания Wirsbo обладает двумя типами испытаний, проведенных над трубой PEX официальным испытательным институтом. Одним из условий испытаний была температура 203˚F. (95°C.); испытания проводились в чистой воде и 2-процентном растворе, включая реактив. После исследований, которые длились два с половиной года, не были обнаружены ни образования трещин от напряжения, ни резкие спады кривой времени эксплуатации до разрушения. Как правило, жидкость, которая проходит по трубам, оказывает неодинаковое действие на предел прочности материала для трубы. Для получения общего представления см. диаграмму на рис. 7:4.

Иллюстрация 7:4. *Трубы и сгонные муфты во время испытания температурными циклами, проводящегося с использованием технических требований DVGW (Немецкая ас-*

социация специалистов по газу и воде)
Иллюстрация 7:5. *Д-р П. Стагге закрепляет соединительную муфту для проведения государственного испытания сгонной муфты.*
Иллюстрация 7:6. *Проверка термостойкости (сопротивляемости старению) во время производства.*

Царапины неизбежны

При монтаже труб просто невозможно избежать царапин. Этот факт нельзя игнорировать. Наоборот, об этом следует помнить при проведении испытаний, а также следует собирать информацию о том, как царапины влияют на долговечность испытываемой трубы. В настоящее время нет международных стандартов на испытание прочности исцарапанной трубы. Это минус. Вот почему компания Wirsbo временно использует испытание под давлением, которое официально используется во время наблюдения за производством. Испытание проводится при температуре 202°F. (95°C.) при кольцевом напряжении 667 пси (4.6 N/мм^2), которое соответствует внутреннему давлению приблизительно 160 пси (11 бар/мм^2) в типичной трубе, используемой для промежуточного давления. Продолжительность испытания занимает не менее 170 часов.

Wirsbo делает царапины на трубах PEX, используемых в испытаниях, с помощью лезвия, которое делает надрез 1µm (.00004 дюйма) на диаметре кромки. Глубина надрезов, сделанных внутри и снаружи трубы, составляет 1-30 процентов толщины стенок трубы. Результаты показывают, что труба Wirsbo, произведенная в соответствии с методом Энгела, прошла 170-часовое испытание без повреждений после нанесения царапин глубиной в 20% стенки трубы. Даже после проведения 20000-часового испытания не было обнаружено никаких трещин. Следует отметить, что есть трубы, чья долговечность ослаблена царапинами глубиной всего в 1 процент.

Причина нечувствительности труб Wirsbo-PEX к царапинам и их сопротивляемость образованию трещин от напряжения лежит, среди прочего, в их сетчатой молекулярной структуре. Силы, высвобождающиеся в результате разрыва молекулярных цепочек (при этом не важно, как образуется разрыв), удерживаются в окружающих молекулах всей цепи. Таким образом, все концентрации выравниваются сами собой. Дополнительную информацию о поперечной сшивке смотрите на странице 75.
Иллюстрация 7:7. ***Царапины** на трубе из полиолефина сокращают ее долговечность.*

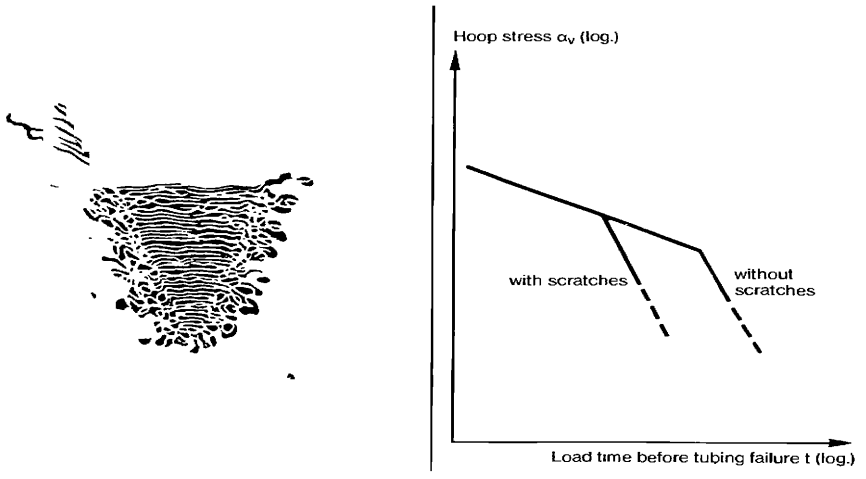


Рис. 7:5. ***Зависимость** предела прочности пластиковой трубы от трещин.*

Иллюстрация 7:8-7:9. ***Молекулярная структура*** *полипропилена (вверху) и полиэтилена (внизу). Черные шары представляют углерод (С), а белые - водород (Н).*

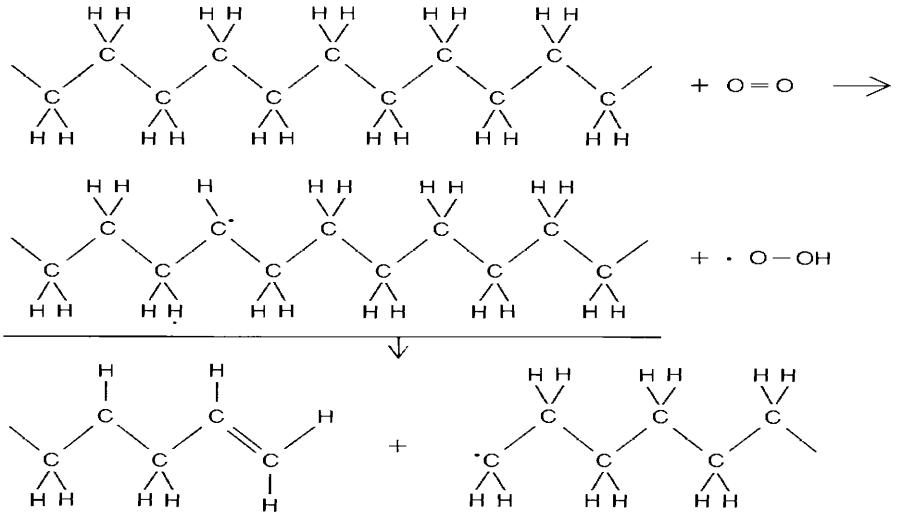


Рис. 7:6. ***Термическое окисление*** *полиэтилена (упрощенный вид химической реакции).*

Злейший враг пластика

Без кислорода нет жизни. Но иногда то, что лежит в самом основании жизни, может быть губительным. Из-за своих окисляющих свойств кислород может быть сильным разрушителем.

В том числе разрушителем пластика. Под воздействием тепла кислород проникает в материал и разрушая молекулярные цепочки, делит их на равные мелкие частички. Когда это происходит, можно видеть результат окисления. Оно приводит к разрушению молекулярной структуры пластика. Солнечный свет оказывает такое же воздействие. Независимо от причины такого разрушения - из-за кислорода, ультрафиолета или того и другого - оно происходит с разной скоростью, в зависимости от типа пластика. Самым решающим фактором скорости разрушения является структура цепной молекулы. Чем сложнее ее структура, то есть, чем больше она имеет вторичных групп, тем больше она склонна к разрушению.

Ответвления являются слабыми точками молекулярных цепочек. Это то место, где начинается разрушение и процесс распада. Молекулярные структуры полиэтилена и полипропилена показывают разницу между простыми и сложными молекулами.

Тип полиэтиленового сырьевого материала, используемого концерном Wirsbo, имеет в среднем 10 000 атомов углерода между каждым ответвлением в молекулярной цепочке. Другое дело с полипропиленом. Здесь ответвление наблюдается для каждого второго атома. В результате PP больше подвергается опасности окисления, чем PE и поэтому должен подвергаться большей степени стабилизации. То же верно и для полибутилена (PB).

“Пожиратели радикалов”

Невозможно полностью предотвратить разрушение. Его можно только замедлить до такой степени, чтобы пластиковая труба достигала приемлемого срока службы. Для этого необходимо ввести регулируемое использование стабилизатора.

Что касается полимеризованных материалов для труб, в качестве стабилизаторов (антиоксидантов) часто используются фенольные соединения (циклические или кольцевые соединения). Одной из характеристик стабилизаторов является то, что они быстрее

реагируют на разрушающее действие кислорода, чем полимеры, то есть, они быстрее окисляются.

Частички молекул, которые отпадают в результате воздействия кислорода на полимер, называются “радикалами”. Если полимеры незащищены, свободные радикалы принимают участие в расщеплении молекулярных цепочек. Именно эта цепная реакция ликвидируются антиоксидантом.

Изучение и анализ

Производители пластиковых изделий должны предъявлять высокие требования к идеальному стабилизатору. Например, он не должен быть ядовитым. Для того чтобы он исправно работал, он должен быть распространен тонким слоем по всему материалу. Стабилизатор должен иметь достаточную подвижность, но также он должен оставаться стабильным, чтобы не смываться и не просачиваться сквозь стенки трубы. Эти свойства указаны только для того, чтобы объяснить многие факторы, которые необходимо учитывать при защите пластиковой трубы от окисления и износа.

Компания Wirsbo уже десять лет работает над решением этих проблем. Испытания, которые проводятся в компании BASF, являются только частью процесса поиска оптимального стабилизатора. Испытания на предел прочности продолжаются и сегодня, через десять с половиной лет (начиная с 1984), при температуре 203°F. (95°C.). Это рекордное время для проведения испытаний при такой высокой температуре. Уже было показано, что выбранный стабилизатор действует так, как это необходимо.

Нет быстрых ответов

Заманчиво провести быстрые испытания при высоких температурах на стабилизированном пластике, а затем просто приложить полученные результаты к поведению того же пластика при низких температурах. Это заманчиво, но чересчур просто. Это мечта, которая существует только в умах некоторых специалистов. Однако полимеры не так легко обмануть. Это невозможно потому, что структура и поведение их молекул при температуре 300°F. (150°C.) абсолютно отличны от их структуры и поведения при 140°F. (60°C.).

Эта разница отображается в различных темпах разрушения при различных температурах. В результате способность стабилизатора работать так, как необходимо, подвергается неблагоприятному воздействию.

Итак, мы остановились на продолжительных испытаниях при различных температурах, если мы хотим получить достоверные данные о термической стойкости изделия. Желательно, чтобы клиент запрашивал у производителя тип данных.

Ниже мы приведем два примера неаккуратного использования результатов испытаний. В одном случае производитель пришел к ожидаемой продолжительности жизни в 204 года для определенного типа трубы, проведя краткосрочные испытания при высоких температурах и использовав теоретическую экстраполяцию, чтобы получить заключения о продолжительной эксплуатации. При непосредственном использовании труба начала разрушаться уже через 90 дней. В ответ на эти методы мы бы хотели напомнить о наблюдениях, что впечатляющим фактам и графикам можно доверять только в том случае, если человек знает, как и кем эти данные будут собираться и создаваться.

Другой пример касается чувствительности некоторых полимеров к металлическим ионам (например, ломкость, возникающая под воздействием меди). Склонность к такому типу разрушения в большей степени зависит от сложности молекулярных цепочек. Полипропилены и полибутилены особенно подвержены этому, так называемому, “каталитическому износу”. Для преодоления этой реакции необходимо прибегнуть к использованию специальных стабилизаторов, называемых “металлические деактивато-

ры". Тем не менее, все они имеют явные недостатки. Они ядовиты и поэтому не могут использоваться в системах снабжения питьевой воды. Некоторые производители избегают этой проблемы, используя при проведении долгосрочных испытаний трубные фитинги, сделанные из нержавеющей стали вместо меди. Таким образом, они могут достичь более точных результатов.

Освобождение стабилизатора

Во время проведения обычных продолжительных испытаний под внутренним давлением вода удерживается в образце в течение всего процесса испытаний. Это приводит к быстрому насыщению жидкости антиоксидантами, которые, при нормальных условиях, трудно растворяются в воде. Любое последующее уничтожение этих веществ ведет к полной приостановке их действия. Ситуация абсолютна другая, когда труба используется в нормальных условиях. Вода непрерывно проходит через трубу. В этом случае она приводит к непрерывному освобождению стабилизатора, особенно если стабилизирующее вещество не достаточно прочно удерживается в материале трубы.

Компания Wirsbo исследует такое поведение способом многократного кипячения образцов в дистиллированной воде. Сопротивление материала окислению испытывается до и после кипячения. Имейте в виду, что Wirsbo ожидает, что срок эксплуатации ее труб будет составлять 50 лет. В таком случае большое количество антиоксидантов будет присутствовать в воде после кипячения в течение нескольких месяцев.

ЗДОРОВЬЕ

Влияние металлических систем водоснабжения на здоровье человека никогда не обсуждалось. А должно было бы, поскольку металлические трубы используются очень давно. Исключением являются ограничения по использованию медных труб в некоторых странах для сохранения качества воды.

Другое дело с пластиковыми трубами. Будучи сначала правыми, люди скептично относились к вопросу об их использовании. Они были вынуждены. Например, должны были быть ограничения по количеству свинца, выделяемого трубами из ПВХ. Было доказано, что система стабилизации труб Wirsbo-PEX нетоксична. То есть, результаты испытаний показали, что она не более токсична чем, например, сахар.

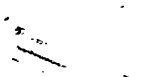


Иллюстрация 7:10. ***Документы**, сертификаты и контракты на проведение испытаний - подтверждения качества труб Wirsbo-PEX (репрезентативная выборка).*

Выброс вредных веществ

Цель исследований пластиковых труб отличается от исследований содержания токсичных материалов. Трубы также испытывались для того, чтобы определить степень, до которой они влияют на вкус, запах, цвет или чистоту воды, которая через них проходит. Одним из исследовательских институтов, проводящих именно такой тип испытаний для производителей по всему миру, является KIWA в Голландии. Среди множества испытаний пластика, проводимых институтом, есть одно, которое вызывает выщелачивание в дистиллированной воде. Через 72 часа вода проходит химический анализ для определения вкуса, запаха, изменения цвета и затемнения. Другие

европейские институты также проводят подобные испытания National Sanitation Foundation (NSF), Номер стандарта 14, работает в США.

Требуйте документальное подтверждение

Стандарты здравоохранения (пищевое законодательство и законы о наркотиках) существенно отличаются в разных странах. Есть один важный совет, которому клиент должен был бы следовать. Всегда требуйте у производителя или дилера государственный сертификат, подтверждающий безопасность материала; этот сертификат действует в стране, в которой монтируется труба. Документальные данные гораздо более надежны.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Ни одно испытание не дает такого представления о поведении при эксплуатации пластиковой трубы, как то, которое проводится при условиях, подобных практическому использованию. Такие испытания не терпят компромиссов. Компания Wirsbo начала свою первую широкомасштабную программу испытаний еще в 1972-1973 годах. В ней принимает участие Шведский монтажный научно-исследовательский институт (Swedish Building Research Institute (SIB)) и все государственные испытательные институты. Именно во время этих испытаний был выдан сертификат на различные трубы Wirsbo-PEX для питьевой, горячей воды и отопительных систем. К 1982 году мы получили такие сертификаты в десяти странах.

75 000 температурных циклов

Следующим пунктам уделялось особое внимание во время всесторонней испытательной программы:

Различные условия монтажа: плотные, ослабленные, в трубопроводе и в цементе.

Небрежное обращение: царапины, перегибы и изгибы.

Сгонные муфты: различные виды и типы фитингов.

Температурные циклы: подача холодной (50˚F., 10°C.) и горячей (203˚F., 95°C.) воды (при 145 пси или 10 бар/см^2) каждые три минуты. Трубы подвергались 75 000 температурных циклов в течение 15 месяцев.

Четыре сгонных муфты из двадцати

Часто можно слышать: “соединительные муфты - это самые слабые места во всей системе”. Что же заставило прийти к такому выводу?

- Из 20 типов муфт, опробованных на трубах, только четыре соответствовали, предъявленным к ним требованиям. В результате более поздних испытаний еще несколько сгонных муфт подтвердили свою пригодность к употреблению. При условии правильного монтажа ни одна муфта не представляла проблем.
- За последние годы на трубах Wirsbo-PEX было установлено около шести миллионов сгонных муфт. За все это время почти не было никаких жалоб. Некоторые проблемы возникали из-за неправильного монтажа (неплотно прикрученные гайки, недостающие детали и т.п.).

Опыт показывает, что некоторые люди, работающие в промышленности, часто сомневаются в истинности подобных утверждений. Мы ответим в форме вопроса. Где еще вы найдете испытательную программу, которая выполнялась бы так же, как Wirsbo?

Скорость потока воды - не показатель

В медных трубах обычно запрещена подача горячей воды, если скорость потока воды составляет десять футов в секунду или меньше. Если вода протекает быстрее, возникает опасность образования язвенной коррозии в результате коррозийного разъедания. Шведский монтажный научно-исследовательский институт испытывал трубы Wirsbo-PEX (с применением и без изломов) в течение одного года, при этом вода протекала со скоростью 92 фута (28 м) в секунду при температуре более 195˚F. (90°C.). Во

время испытаний в трубах не было обнаружено никаких проблем.

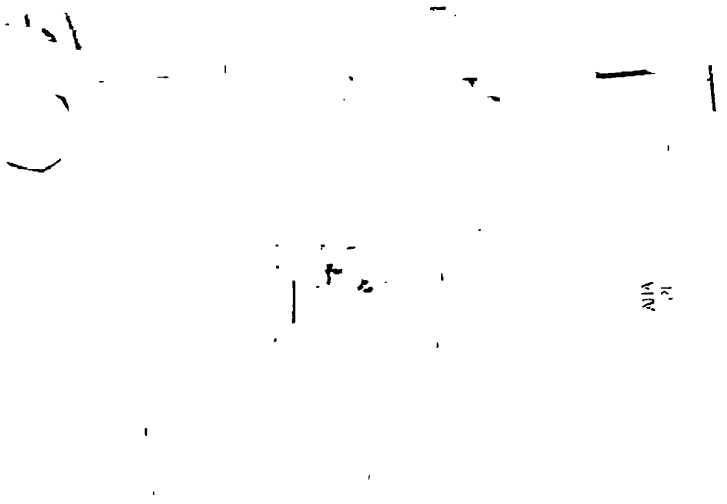


Иллюстрация 7:12. ***Соединительные вставки**, утвержденные для использования с трубами Wirsbo-PEX (выборка).*

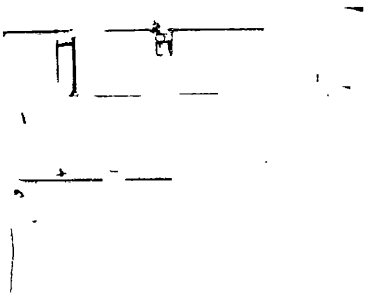


Иллюстрация 7:13. ***Испытание на усталость** сгонных муфт по 75 000 температурным циклам. Испытание показывает, какие муфты могут выдерживать подобные условия.*

Отсутствие шума от падающей воды

Очень быстрое закрытие клапана приводит к скачку давления в системе водоснабжения. Необходимо принимать во внимание эту проблему при работе с трубопроводами и другим оборудованием. Городская водопроводная станция Аделаиды, Австралия, исследовала поведение труб Wirsbo-PEX в подобных условиях. Трубы, предназначенные для использования при давлении до 145 пси (10 бар), подвергались 833 000 скачкам давления при 220 пси (15 бар). Они выдержали и это испытание без каких-либо проблем. Действующие и прогнозируемые нормы определяют 10 000-40 000 скачков как достаточное испытание. Скачки давления не только накладывают дополнительную нагрузку на трубы. Также они вызывают раздражающий шум, разумеется, если трубы сделаны из металла. При использовании пластиковые труб такие проблемы не возникают, поскольку сам материал заглушает звук.

Производство труб PEX

“БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ”. Полиэтилен, как описывает формула (-CH_2 -CH_2 -)$_n$, впервые был произведен в лабораторных условиях английской химической компанией ICI в 1933 году. Внедрение этого материала было драматичным. Испытательное оборудование взлетело на воздух.

Шесть лет спустя испытания стали более контролируемыми. В это время нача- ь р гуляр р одство материала. Это был первый материал, произведенный по лицензии в США компанией Union Carbide и другими компаниями.

Три типа полиэтилена

На сегодняшний день производятся три типа полиэтилена: LDPE, MDPE и HDPE. PE - это акроним полиэтилена. LD, MD и HD означают низкую плотность, среднюю плотность и высокую плотность. Разделение на три типа осуществлено в соответствии с такими измерениями:

LDPE: 56.8 - 57.8 фунтов/фут^3 (0.910 - 0.925 мг/м^3)
MDPE: 57.9 - 58.6 фунтов/фут^3 (0.926 - 0.940 мг/м^3)
HDPE: 58.7 - 60.0 фунтов/фут^3 (0.941 - 0.965 мг/м^3)

Трубы Wirsbo-PEX производятся из полимера высокой плотности со сверхвысокой молекулярной массой и плотностью около 59.3 фунтов/фут^3 (0.95 мг/м^3). Данный фактор является решающим в определении свойств конечного продукта, поскольку кри-

сталличность полимера напрямую зависит от его плотности.

"Кристалличность" подразумевает закономерное расположение молекул во всей структуре, благодаря силе сцепления в материале. И наоборот, беспорядочное расположение молекул означает аморфное состояние материала.

Оба типа структур показаны на схематическом рисунке 8:2.

Чем больше плотность, тем выше степень кристалличности и, как результат, выше прочность пластика. Степень кристалличности полимера, который использует концерн Wirsbo для труб PEX, составляет 90 процентов.

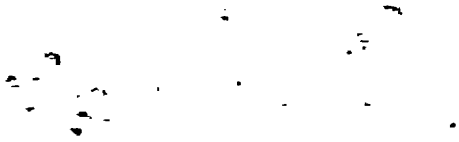


Иллюстрация 8.1

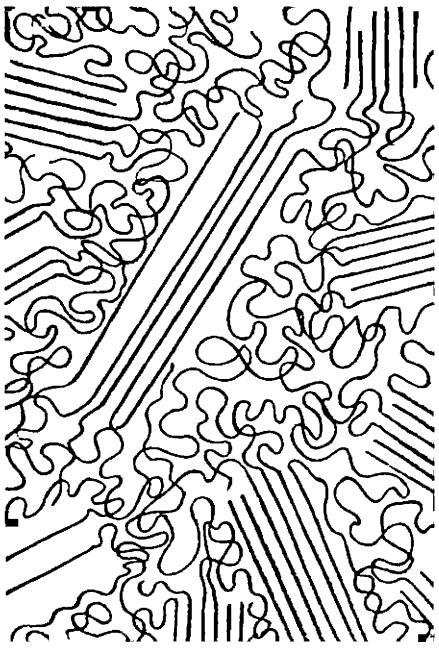
X означает поперечное сшивание

X в акрониме PEX означает поперечные межмолекулярные связи. Данный термин используется для описания химического связывания молекул PE в трехмерную сеть. Метод, используемый компанией Wirsbo для получения поперечной сшивки в материале для трубопровода, основан на процессе, разработанном немецким изобретателем Томасом Энгелом. Поперечная сшивка, которая достигается с помощью данного метода, является основой замечательных свойств труб Wirsbo-PEX.

Иллюстрация 8.2

Контроль над сырьем

Перед началом производственного процесса макромолекулярные сырьевые материалы и добавки, такие как стабилизаторы, сшивающие агенты (перекись) и тому подобное, подвергаются всесторонним контрольным процедурам. Такие характеристики, как точка плавления, однородность и плотность определяются лабораторией компании Wirsbo.



Часть сырьевого материала, обладающего удовлетворительными свойствами, помещается в лабораторный миксер. Оттуда он берется для испытательного пути или "опытного завода", как его иногда называют. Регулярное производство начинается только после определения с помощью готового патрубка, что состав материала, а также методы его производства, являются правильными.

440 фунтов на 5 000 футов

Полиэтилен-сырец, производимый компанией Wirsbo в виде порошка, подвергается деформации для получения необходимого размера зерна. Затем оно взвешивается

Иллюстрация 8.3 Молекулярная структура поперечносшитого полиэтилена.

Иллюстрация 8.4. Wirsbo определяет, сколько добавить материала для отправки в производство.

на электронных весах и смешивается с добавками в миксере с помощью сложного метода.

Смесь помещается в 440-фунтовый (200 кг) сосуд. После маркировки в соответствии с типом трубы, которая будет произведена из этой смеси, она помещается в хранилище на несколько дней.

Наконец, масса подается из сосудов в экструдер. 440 фунтов (200 кг) порошка достаточно для производства около 5 000 футов (1 500 м) 3/4-дюймовых (20 мм) труб Wirsbo-PEX с толщиной стенок 3/32 дюйма (2 мм).

Поперечная сшивка материала в аморфном состоянии

Трубе придается форма с помощью экструдера, который удерживает сырье в форме порошка на одном конце, и, прилагая тепло и большое давление, вытесняет трубу из кольцеобразного отверстия на другом конце.

Во время формирования трубы происходит и поперечная сшивка. Теперь целесообразно упомянуть важную разницу между трубами Wirsbo-PEX и другими трубами, сделанными из сшитых полимеров. Поперечная сшивка имеет место, пока материал находится в аморфном состоянии, то

есть, при температуре, которая превышает температуру плавления кристаллов. В результате, устраняются все кристаллические зоны, которые могут оказывать отрицательное действие на процесс поперечной сшивки. Сшивка проходит ровно и без помех.

Определение неполадок электрическим способом

По мере выделения аморфного материала из формовочной машины, он становится почти прозрачным. Находясь в этом состоянии, он подвергается обработке контрольной аппаратурой, в которой используется электрическое поле для непрерывного анализа готовой трубы. В данной аппаратуре используется напряженность поля 12 000 Вольт на каждые 1/16 дюйма (7 500 вольт на каждый миллиметр) толщины стенки. Любое нарушение в электрическом поле, которое может возникать в результате отклонения в толщине стенки или проникновения воздуха или грязи, незамедлительно дает сигнал о тревоге. Кроме контроля над толщиной стенок и однородностью, в это время удаляются все газообразные остатки в материале.

Калибровочная аппаратура и ванна с холодной водой используются вслед за контрольной аппаратурой. Именно в этом месте трубный материал кристаллизуется и принимает свой характерный молочно-белый цвет. Сразу после этого на трубу наносятся детальные данные, отрезается необходимая длина, и труба сворачивается в бухту, готовую к отгрузке.

В журнале делаются записи о каждой бухте, в которых указываются дата, время суток, ответственный оператор и другая подобная информация. В журнал заносятся также такие данные, как тип материала, используемого в любое заданное время, и любые изменения в экструзионных головках.

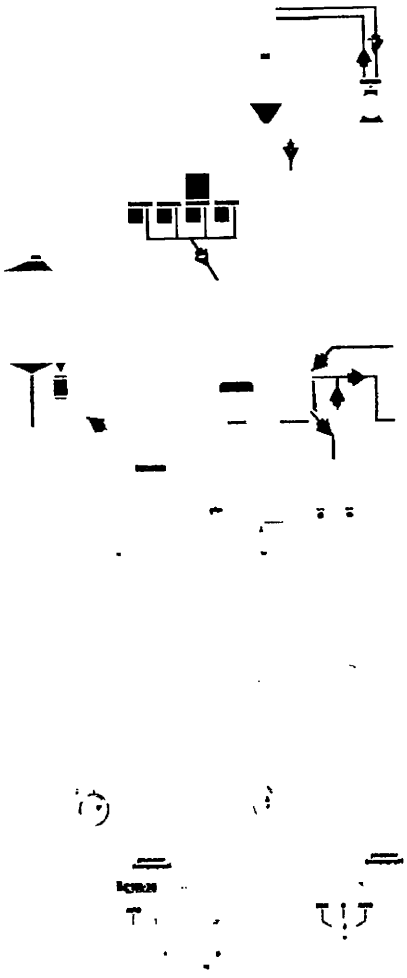


Иллюстрация 8.5 Контроль по дачи материалов

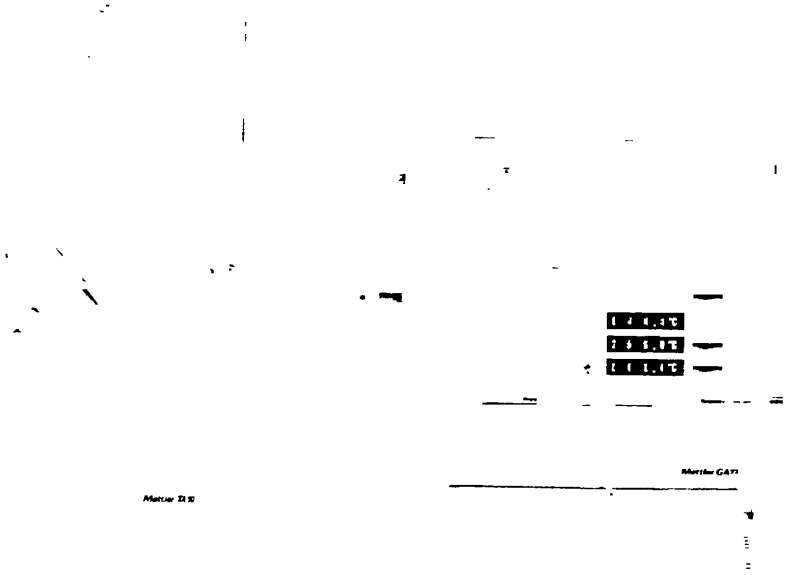
Ни одна бухта не выходит из внимания Wirsbo

Лаборатория Wirsbo берет образец от каждой бухты, а затем подвергает их всем существующим испытаниям и проверкам. Wirsbo установила стандартные допустимые отклонения для внутренних и внешних диаметров и для толщины стенок; эти допус

тимые отклонения ниже разрешенных для пластиковых труб. Если отклонение составляет .0008 дюймов (0.02 мм) от установленных допустимых отклонений для любого из

Иллюстрация 8.6 Контейнерт загрузки

Иллюстрация 8.7 Анализ температурной зависимости (Диф-термо анализ).



трех упомянутых измерений, считается, что целая бухта не прошла испытание. После чего она распиливается на кусочки.

Такая "педантичность" имеет серьезную практическую цель. Если лицо, монтирующее трубы Wirsbo, должно работать также быстро, как того требует Wirsbo, трубопроводные фитинги должны сразу устанавливаться правильно.

Поперечная сшивка: ни слишком много, ни слишком мало



Характеристики трубы, сделанной из поперечно-сшитого полиэтилена, определяются, главным образом, качеством используемой поперечной сшивки, то есть соотношением молекулярных цепочек, сцепленных друг с другом. Это соотношение должно быть пропорциональным. Если оно слишком мало, материал, скорее всего, не будет поперечно-сшитым полиэтиленом с ограниченным сроком эксплуатации при высоких температурах. Если оно слишком велико, материал быстро становится ломким.

Уровень поперечной сшивки в трубах Wirsbo-PEX должен составлять 70-90 процентов. Лаборатория Wirsbo проверяет этот уровень с помощью двух различных методов. В первом используется быстрый, но очень надежный механический метод (собственный патент Wirsbo), а во втором используется химический анализ, основанный на стандартах ASTM и DIN. Второй метод также используется для калибровки механических испытаний.

Испытания под давлением

Раз в неделю Wirsbo отбирает пять образцов из производственной линии для проведения испытания под давлением. Образцы помещаются в воду 203˚F. (95°C.), наполняются водой и подвергаются избыточному давлению в течение 170 часов.

Иллюстрация 8.8 Контроль каждого образца
Иллюстрация 8.9 Определение процента сшивки: растяжение после нагрева до 310°F (155°C). Фото: Студсвик Энергитехник АБ.

Например, труба с номинальным значением давления 87 пси (6 бар) испытывается Wirsbo при внутреннем давлении 145-174 пси (10-12 бар). В результате на стенку трубы будет оказано кольцевое напряжение в 667 пси (4.6 Н/мм^2). Это значение близко приближается к действительной прочности материала. Есть достаточное основание для того, чтобы Wirsbo работала с такими высокими значениями при проведении этих испытаний. Wirsbo рекомендует прилагать то же напряжение при проведении краткосрочных испытаний, что и при составлении графиков времени эксплуатации до разрушения. Такой подход дает дополнительную гарантию качества. Wirsbo проводит подобные испытания, которые длятся 1000 часов, правда, не так часто.

В соответствии с действующими нормами также проводятся одночасовые испытания под давлением и даже испытания под давлением до разрыва. По мнению компании Wirsbo, такие краткосрочные испытания не важны и их необходимо пропускать, если проводятся соответствующие испытания сырья.

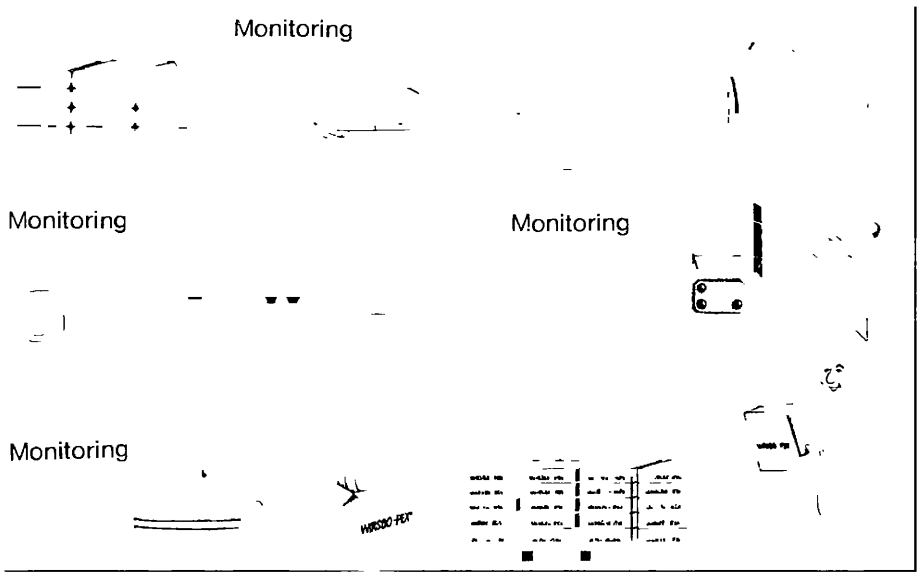


Иллюстрация 8.10 Процесс производства PEX-труб: контроль на каждом этапе.

Иллюстрация 8.11 Проверка труб на соответствие размеров.



Испытания на изменение размеров

Образцы берутся с каждой поточной линии три раза в неделю. Они измеряются как можно точнее. Затем они нагреваются в печи при температуре 248˚F. (120°С.) в те-

чение одного часа. Наконец, они повторно измеряются после выемки и охлаждения.

Это испытание позволяет Wirsbo определить величину внутреннего напряжения в материале, используемого для трубы. Некоторые стандарты по методике испытаний допускаю 3 процента, а некоторые 5 процентов в качестве верхнего предела допустимого изменения длины трубы. Wirsbo установила верхний предел в 3 процента.

В случае с некоторыми материалами более высокий процент изменения формы означает большую склонность к разрушению.

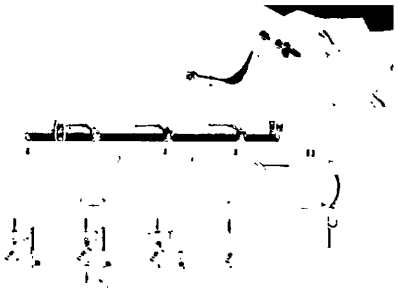
"Бдительное око"

Наблюдение за производством, проводимое на заводах Wirsbo, должно:

1. препятствовать продаже поврежденных труб и
2. гарантировать, что все проданные трубы соответствуют требованиям государственного сертификата, особенно когда он касается результатов испытаний, проведенных концерном Wirsbo.



Иллюстрация 8.12 Химическое определение процента сшивки.
Иллюстрация 8.13Долговременное испытание под давлением



Для того, чтобы внутреннее наблюдение за производственным процессом стало как можно более надежным, оно было передано под контроль независимых испытательных организаций. Два-три раза в год заводы Wirsbo посещают представители из таких организаций в США, Западной Германии, Голландии, Норвегии, Франции и Швеции. Они изучают спецификации, журналы и испытательное оборудование, а также берут образцы для проведения испытаний в своих лабораториях.

Качество является неотъемлемой частью традиций компании Wirsbo с момента ее основания в семнадцатом веке. Именно с таким чувством была разработана обширная система гарантии качества. Требования, предъявляемые Wirsbo к себе, высоки. Компания стремится быть лучшей. На меньшее она не согласна.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОПЕРЕЧНОЙ СШИВКЕ. За прошедшие годы пластиковая промышленность разработала множество методов поперечной сшивки для формовки или экструзии PE либо отдельно, либо в сочетании с другими пластиковыми материалами. Только потому, что пластику присвоено родовое имя "PEX", еще не означает, что он содержит тот же материал, что и все остальные пластмассы, известные под тем же именем. Каждый производитель выпускает версию труб PEX, которые от-

личаются от труб, выпускаемых другими производителями. Эти различия могут зависеть от свойств сырьевого материала, от метода, используемого для производства готового изделия, и от уровня требуемого качества.

Кроме метода Энгела, используемого Wirsbo, используются и другие методы.

Иллюстрация 8.14 Тест на удлинение(после нагрева)
Иллюстрация 8.15 Проверяющий Д-р Стагге MPA Darmstadt вводит результаты проверок

Радиационная сшивка

Когда нормальную трубу PE бомбардируют электроны, энергия, производимая излучением, приводит в действие поперечную сшивку. Данный процесс осуществляется при комнатной температуре. Сшивка концентрируется на тех зонах материала, которые остаются аморфными во время бомбардировки. Это не способствует существенному уменьшению уровня достигнутой кристалличности.

Этот относительно новый метод лучше всего подходит для труб малых размеров. Тем не менее, он имеет некоторые недостатки. Одним из них являются отверстия, образуемые на стенках трубы в результате возможного электрического прорыва во время бомбардировки. Также существует тенденция к неравномерной сшивке или к избыточной сшивке, что приводит к ломкости.

Силановая сшивка

Данный метод, разработанный компанией Dow Chemical Company, основан на насыщении макромолекулы PE кремнием. Воздействие водяного пара при наличии катализатора активизирует процесс поперечной сшивки. Сшивка производится по так называемым полисилоксановым мостам (-Si-O-Si-). Однако эти мосты более слабые, чем нормальные связи C-C.

Метод сиоплас

Данный метод осуществляется в два этапа.

На первом этапе полимер смешивается с кремнийорганическим производным соединением. Под влиянием перекиси и антиоксиданта он насыщает цепочку PE.

На втором этапе обработанный полимер и катализатор смешивается с основным веществом PE. После этого изготовляется труба. Поперечная сшивка осуществляется относительно медленно способом добавления водяного пара и тепла. Это определяется тем, насколько хорошо вода проникает сквозь стенки трубы.



Моносилановый метод

Данный метод, разработанный компаниями Maillefer и BICC, подобен методу Сиоплас, поскольку речь идет о его химической реакции. Разница состоит в том, что используется только первый этап. Данный метод используется преимущественно для производства кабелей и труб, предназначенных для использования при средних температурах.

Метод Понт-а-муссон

При использовании метода PAM труба принимает форму при температуре, при которой вызывается реакция перекиси. Это означает, что поперечная сшивка осуществляется в сосуде с расплавленной солью при температуре 480°-540°F. (250°-280°C.).

Из-за использования высоких температур возникает проблема сохранения формы и химико-термических свойств трубы во время поперечной сшивки. В сравнении с методом Энгела, данный метод также требует большего количества перекиси.

Метод AZO

В данном методе для поперечной сшивки PE шведская компания Uponor AB использует соединения AZO (молекулы с группой -N-N-). Труба формируется при температуре, ниже той, при которой имеют место соединения AZO. Затем температура в солевой ванне повышается до отметки, необходимой для прохождения реакции. Она значительно выше температуры, необходимой для перекисной реакции.

PE, используемый в данном случае, имеет высокую плотность и высокую молекулярную массу. Поперечная сшивка осуществляется в ванне с расплавленной солью способом, подобным методу PAM.

Другие методы с использованием перекиси

Во всех недавно разработанных методах для поперечной сшивки используется перекись. Она либо смешивается с сырьем до экструзии, либо добавляется методом диффузии во время или после процесса экструзии. В любом случае форму трубы необходимо внимательно контролировать во время поперечной сшивки при повышении температуры. Поскольку эти методы достаточно новы, они продолжают разрабатываться.

УВЧ-сшивка

Профессор Менгес из Технического университета в Аахене разработал новый метод для сшивки полиэтилена.

Данный метод основан на том, что поляризованные вещества поглощают энергию от поля УВЧ (ультравысокой частоты). Перекись распадается на радикалы, которые вызывают поперечную сшивку, и действует при температуре, ниже нормальной. Сама цепочка PE не поляризована и поэтому не поглощает энергию.

Сравнение свойств и поведения

Материал 1: *Поперечно-сшитый полиэтилен (PEX), произведенный по методу Энгела и далее усовершенствованный Wirsbo.*
Материал 2: *Полиэтилен, сшитый с помощью излучения.*
Материал 3: *Полиэтилен, сшитый другими методами, отличными от метода Энгела.*
Материал 4: *Другие полиолефиновые материалы, такие как PB, PP, PPC (PE).*

Свойство	Материалы			
	1	2	3	4
Термостойкость при 230°F. (95°C.)……..	1	2	2-3	2-4
Сопротивление растрескиванию при напряжении.	1	2-4	1-2	2-4
Гибкость	1	2	2-3	2-4
Ударная вязкость……	1	1	1	3-5
Теплопроводность……..……	2	2	2	3-4
Удлинение……..	4	4	4	3-4
Измерения, допустимые отклонения……	1	2-4	2-4	2-4
Химико-термические характеристики…….	1	2	2-5	2
Механические свойства при комнатной температуре:				
Краткосрочное напряжение……..	2-3	2-3	2-3	1-2
Предел прочности на разрыв……	1	2-4	2-3	1-2
Остатки материала, токсичность……..….	1	2	2-3	2-4
Индукционный период при 392°F. (200°C.)…….	3	2-3	1	2-3
Поведение при ползучести……	1	1	1	1-3

Таблица 8:1

1 очень хорошо
2 хорошо
3 удовлетворительно
4 сомнительно
5 плохо

Оценки относятся к самим свойствам и/или к дублирующим данным, имеющимся для определенного свойства.

Также можно добавлять другие поляризованные вещества (углеродная сажа) и использовать другую “нормальную” перекись, который будет образовывать радикалы посредством термического разложения. Затем смесь, вместе со всеми ее добавками, выдавливается при возможно наиболее низкой температуре. После этого она сшивается на стадии УВЧ. Преимуществом данного метода является равномерное распределение энергии по материалу, что приводит к однородной поперечной сшивке. Проблемами, возникающими при работе с данным методом, являются поиск подходящих неполяризованных добавок для труб и эффект, который могут создавать оставшиеся радикалы.

Данный метод еще не используется в массовом производстве.

Зависимость от температуры

Свойства материалов PEX зависят от температуры, при которой осуществлялась поперечная сшивка. Особенно важно различать трубы, которые проходили поперечную сшивку при температуре, превышающей температуру кристаллического плавления, и те, которые подвергались данному процессу при температуре, ниже указанной. При температурах, превышающих точку кристаллического плавления (когда материал находится в аморфном состоянии), сшивка проходит естественно без какого-либо химического или механического повреждения. Когда сшивка осуществляется при температуре, ниже указанной, она происходит среди молекул в аморфной области между кристаллитами, что приводит к не очень хорошим результатам. Например, труба, произведенная подобным образом, претерпевает изменения в некоторых своих свойствах после горячего гнутья. Временное воздействие высоких температур оказывает отрицательное влияние на прочность материала из-за изменений в кристаллической структуре, к которым приводят такие температуры. Труба, которая сшивается при температурах ниже точки кристаллического плавления (например, при использовании силанового метода или метода радиационной сшивки), обычно теряет от 10 до 15 процентов своей прочности после нагрева до температур выше этой точки. Труба, сшитая по методу Энгела, не теряет свою прочность при такой же обработке.

Ползучесть

Что касается полимеров, а также многих других материалов, то реакцией на по-

стоянную нагрузку в течение продолжительного периода времени является удлинение или деформация части или всего материала. Эта реакция, которая усиливается со временем, называется "ползучестью". Деформацию, которая имеет место в таких ситуациях, можно разделить на начальную деформацию и деформацию при ползучести. Отношение начальной деформации к деформации при ползучести зависит от величины нагрузки или напряжения, температуры материала и материала, который испытывается (см. Рис. 8:1).

Удлинение (деформация) - это функция времени и нагрузки (выраженной как напряжение)

При сравнении различных материалов важно:

1. Различать начальную деформацию и деформацию при ползучести (см. Рис. 8:2).
2. Проводить сравнения между материалами касательно ползучести по отношению к их прочности (или модулю упругости, оценке напряжения и т.п.). Например, степень ползучести для ПВХ при 2000 пси (25 N/мм^2) можно сравнить со степенью ползучести для специфического PE при 400 пси (5 N/мм^2).
3. Проводить сравнение при температурах, соответствующих испытываемым материалам. Например, если материалы должны использоваться для труб горячей воды, приемлемой температурой будет 180˚F. (80°C.).

Обобщенная кривая, показанная на Рис.8:1, справедлива для трех различных температур (например, 70˚, 140˚ и 230˚F. или 20˚, 60˚ и 110˚C.) при одинаковой нагрузке, а также для трех различных степеней нагрузок при одной и той же температуре.

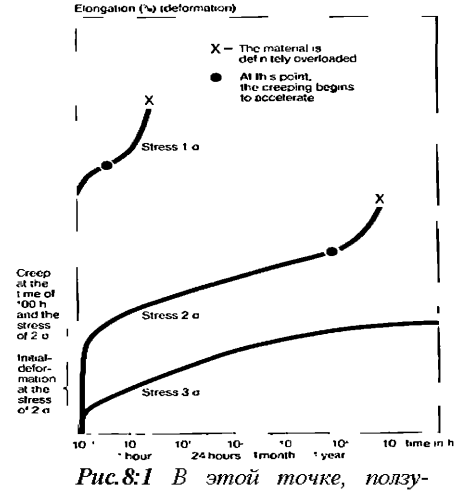


Рис.8:1 *В этой точке, ползучесть материала начинает увеличиваться. Материал определенно перегружен.* ***Кривые ползучести****. Удлинение (деформация) показана на рисунке как функция времени. Кривые показывают изменения в материале при трех различных напряжениях.*

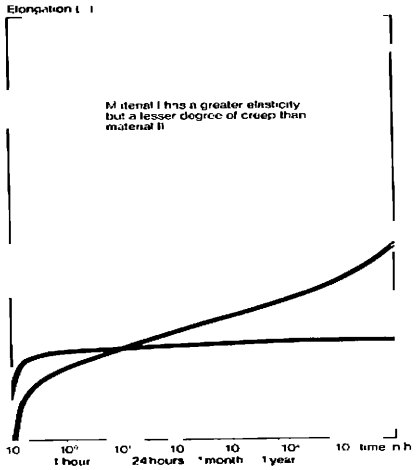


Рис. 8:2 *Материал 1 более эластичен, но имеет меньшую степень ползучести, чем материал 2.*

Кривые ползучести. *Этот рисунок демонстрирует разницу между двумя видами материалов. Материал 1 претерпевает большую начальную деформацию, но деформация при ползучести мала. Совсем наоборот дело обстоит с материалом 2. В то время, как начальная деформация мала, степень ползучести очень велика.*

-WIRSBO-PEX ▽ - 16X2.2 PB 1 0 95°C DV

Советы по выбору трубопроводов

В ДАННОЙ ГЛАВЕ собраны некоторые правила для оценки качества различных классов пластиковых труб.

Любой серьезный дилер должен иметь возможность предоставить документированные данные относительно каждого критерия.

1. Какой тип пластика используется для производства труб?

Производитель должен указать в рекламе или в других источниках информации, предоставляемой компанией, а также на самой трубе тип используемого материала.

Гибкие пластиковые трубы для отопления, питьевой воды и горячей воды, которые появляются на рынке, в основном делаются из сырьевых материалов, показанных в Таблице 9:1.

2. Какая торговая марка сырья обычно используется для производства труб?

У производителя труб необходимо запрашивать информацию о товарном сорте сырья, используемого для трубы.

Примеры торговых марок:

- BASF Lupolen 5261 Z Q 100 для труб PEX, произведенных по методу Энгела (трубы Wirsbo-PEX)
- Hoechst Hostalen PPH 2222 для полипропиленовых труб
- Shell PB 4121 для полибутиленовых труб

3. Имеет ли труба соответствующую маркировку?

Трубы высокого качества должны иметь маркировку, которую не легко стереть. Такая маркировка должна содержать различную информацию.

1. Имя производителя или фабричная марка трубы
2. Размеры трубы (толщина стенок, внешний диаметр)
3. Допустимая рабочая температура
4. Допустимое давление при допустимой рабочей температуре
5. Штамп утверждения соответствующего контролирующего органа
6. Тип сырца (название или код)
7. Номер станка (в том случае, если производитель использует несколько станков)
8. Год производства

4. Заключается ли договор между производителем, государственным органом по обеспечению качества изделий и контролирующим органом?

Каждый серьезный производитель должен предоставить доказательства того, что производимый продукт контролируется признанным и авторитетным испытательным институтом для поддержания стандартов качества. Перечень некоторых государственных органов по обеспечению качества изделий и контролирующих органов приводится в Главе 11.

5. Существует ли официальное разрешение на предложенное использование?

Производитель обязан предоставить доказательство такого разрешения тогда, когда это необходимо. Особенно это касается труб, предназначенных для использования в системах снабжения горячей и питьевой воды.

6. Оказывает ли труба отрицательное влияние на здоровье, если она используется в системах снабжения горячей и питьевой воды?

Производители, предлагающие трубы для использования в этих случаях, должны получить сертификат от официального органа, засвидетельствовавшего, что изделия не опасны для здоровья (гигиеническая и токсикологическая сертификация).

7. Труба должна соответствовать стандартам и нормам, но достаточно ли этого?

Труба должна удовлетворять требования к стандартам и нормам качества, установленным для конкретных целей использования. Здесь следует сделать оговорку, что эти нормы представляют только минимальные требования. Только тот факт, что эти требования удовлетворяются, еще не предоставляет гарантии качества. Обычно требования испытательных органов охватывают значительно больший спектр.

8. Подтверждается ли документами время прочности до разрыва?

Производитель должен предоставить подтверждение официальных испытаний времени гидростатического поведения трубы до разрушения.

Долгосрочное испытание нельзя проводить на образце трубы, предоставленной поставщиком сырья, или на специально произведенных образцах, предоставленных предприятием перерабатывающей промышленности. Вместо этого, испытание должно проводиться на трубе, взятой с технологической линии производителя.

Результаты безотказной работы предусмотрены для:

а) Наивысшей рабочей температуры

б) Температур, превышающих допустимые температуры для нормальной работы

в) Изогнутой трубы

г) Трубы с предопределенными точками разрыва (царапины)

д) Трубы, которая соприкасается с реактивами

е) Трубы PEX, сделанной из PE, который был сшит на различных уровнях. В каждом случае их необходимо испытывать как описано в пунктах а)-д).

9. Насколько труба долговечна?

а) Долговечность трубы, точнее, ее устойчивость к разрушению в результате термического окисления, должна быть документально подтверждена. Это следует делать как для труб, которые подвергаются нагрузке, так и для труб, подвергаемых напряжению от кипячения. Кипящую воду, используемую в испытаниях, необходимо периодически менять (как подтверждение того, что система стабилизации не размывает материал).

б) Необходимо предоставить доказательства, что исследования изнашивания и поведения безотказной работы трубы проводились вместе.

10. Проводились ли испытания на монтажных площадках?

Необходимо запрашивать результаты испытаний, проведенных на уже смонтированной трубе. Вот некоторые примеры:

а) Испытания с температурными интервалами (испытания на усталость) на:

1. Сгонных муфтах (различных конструкций и марок)
2. Трубах, помещенных в бетонные плиты
3. Изогнутых трубах

б) Другие испытания на сгонных муфтах:

1. Предел прочности на разрыв
2. Прочность на разрыв

3. Импульсное давление

в) Ссылки

11. Существуют ли инструкции по монтажу и если да, то какие?

Руководства и инструкции по монтажу, предоставляемые производителем, должны содержать следующую информацию:

а) Допустимые температуры и пределы номинального давления

б) Эластичность (пределы)

в) Поведение, разрушающее холод, если необходимо

г) Сопротивляемость ультрафиолетовому излучению

д) Плавкость

е) Эластичность в нагретом состоянии

ж) Система трубного соединения

з) Коэффициент удлинения

12. Данные, собранные о трубном материале.

а) Механические характеристики

1. Плотность
2. Предел прочности на разрыв
3. Модуль упругости
4. Растяжение при разрыве
5. Сопротивление ударам
6. Водопоглощение
7. Коэффициент трения
8. Поверхностное натяжение
9. Кислородная проницаемость

б) Термические характеристики

1. Температурные ограничения
2. Коэффициент теплового линейного расширения
3. Температура плавления
4. Удельная теплоемкость
5. Теплопроводность

Использование и пригодность некоторых трубных материалов

Материал	Аббревиатура	Отопление	Питьевая вода	Горячая вода
Полиэтилен низкой плотности	LDPE	(x)	x	-
Полиэтилен высокой плотности	HDPE	-	x	-
Поперечно-сшитый полиэтилен*	PEX, (XPE, XLPE)	x	x	x
Полипропилен**	PP	x	x	-
Полипропилен** (Сополимеризованный)	PP-C	x	x	-
Полибутилен - 1	PB-1	x	x	(x)

Таблица 9:1

* Поперечно-сшитый полиэтилен является не отдельным трубочным материалом, а целой группой материалов, которые покрывают широкий спектр качественных различий.

** Предлагается множество типов полипропилена и полибутилена, при этом каждый имеет различные уровни качества.

Символы, используемые в таблице:

x = общепринятое использование

(x) = использование не общепринято

- = не используется

Монтаж труб Wirsbo-PEX для систем напольного отопления и водоснабжения

ВЕС, ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРА И ГИБКОСТЬ - вот характеристики, которые являются решающими для простого монтажа трубопровода.

Известно, что пластиковые трубы легче металлических. Например, 400 футов (120 м) 3/4-дюймовой (20 мм) трубы Wirsbo-PEX с толщиной стенки 3/32 дюйма (2 мм) весит приблизительно 31 фунт (14 кг). Медная труба такого же размера и длины, предназначенная для использования в тех же целях, весит около 240 фунтов (110 кг).

Контроль размеров

Точность размеров, то есть, поддержание одинаковых внутренних и внешних размеров и одинаковой толщины стенки, является характеристикой, которая может значительно меняться, в зависимости от типа и марки трубы. Вот почему здесь необходимо принять во внимание такую рекомендацию. Перед использованием типа или марки трубы, с которой вы не знакомы, получите от производителя спецификации, а также несколько образцов, которые можно испытать. То, насколько хорошо соединения крепятся на трубу, указывает на легкость монтажа.

Самокомпенсация трубы

Легкость, с которой можно монтировать и придавать форму трубе в соответствии с данными требованиями, является, пожалуй, наибольшим преимуществом пластиковых труб над металлическими. Тем не менее, между отдельными типами пластиковых труб могут быть существенные различия. Простое сгибание нескольких труб лучше всего покажет, насколько велики эти различия.

В случае с трубой Wirsbo-PEX не нужно бояться ломкости даже при отрицательной температуре - 148°F. (-100°C.). 3/4-дюймовую (20 мм) трубу с толщиной стенки 3/32 дюйма (2 мм можно без труда согнуть в холодном состоянии на 180° градусов с

Иллюстрация 10.1

минимальным радиусом изгиба 6 дюймов (150 мм (центр к центру). Горячее гнутье возможна минимум вполовину этого радиуса.

Если сгибание было совершено, например, с перекручиванием, труба Wirsbo-PEX ведет себя очень "снисходительно". Осторожное нагревание трубы с помощью пистолета-распылителя теплого воздуха до температуры 275˚F. (135°C.), а затем ее охлаждение позволяет трубе принять первоначальную форму и прочность. Как иногда говорят

специалисты по пластику: «Трубный материал обладает термической памятью».

ТОЛЬКО НЕСКОЛЬКО ПРОСТЫХ ИНСТРУМЕНТОВ. Монтажнику труб Wirsbo-PEX нет необходимости носить за собой огромный ящик с инструментами. Более того, к каждой бухте труб прилагается краткая инструкция по монтажу.

-

Иллюстрация 10.2

Для резки трубы необходим только один простой инструмент. Следует заметить, что для обеспечения оптимальной герметизации с соединительными муфтами, разрезание необходимо делать под углом 90 градусов.

Чтобы предотвратить проникновение грязи в трубу, открытые концы должны быть закрыты защитными колпачками.

Трубы Wirsbo-PEX можно сгибать как в холодном, так и в нагретом состоянии. Если используемая труба имеет небольшой диаметр, ее можно согнуть вручную.

Если трубу (3/8-3/4 дюйма (10-20 мм) необходимо согнуть с небольшим радиусом, используются приборы для холодного гнутья при углах 90 градусов.



Иллюстрация 10.3
Иллюстрация 10.4

Если труба не сгибается, ее нельзя подвергать воздействию открытого огня. Поэтому необходимо использовать пистолет-распылитель теплого воздуха с так называемой “нагревательной рубашкой”.

Далее приводится метод, используемый для горячего гнутья. Нагрейте область сгиба до 275˚F. (145°C.). (При такой температуре труба становится прозрачной.) После этого поместите трубу на поршень для сгибания или согните ее вручную. Затем дайте трубе остыть в воде или на воздухе.

В таблице 10:1 представлен наименьший допустимый радиус изгиба для каждого отдельного размера трубы и

Иллюстрация 10.5
Иллюстрация 10.6

метода сгибания.

Перед сгибанием труб с большими диаметрами, чем приведенными в таблице, проконсультируйтесь со специалистами Wirsbo или с вашим дилером.

Иллюстрация 10.7
Иллюстрация 10.8

Наименьший радиус изгиба в дюймах и (мм)							
Размер трубы		Горячая гибка		Холодная гибка			
				Гибочный инструмент			
дюймы	(мм)	дюймы	(мм)	дюймы	(мм)	дюймы	(мм)
0.39	(10)	0.79	(20)	1.18	(30)	1.77	(~45)
0.47	(12)	0.98	(25)	1.18	(30)	2.36	(60)
0.59	(15)	1.34	(34)	1.77	(45)	2.95	(75)
0.63	(16)	1.41	(36)	2.56	(65)	3.07	(78)
0.71	(18)	1.58	(40)	2.76	(70)	3.54	(90)
0.79	(20)	1.77	(45)	3.94	(100)	3.94	(100)
0.87	(22)	1.89	(48)		-	4.33	(110)
0.98	(25)	2.01	(51)		-	4.92	(125)
1.10	(28)	2.44	(62)		-	5.51	(140)

Таблица 10:1

Иллюстрация 10.9
Иллюстрация 10.10

Сгонные муфты

Трубы Wirsbo-PEX необходимо соединять с помощью прессуемых соединителей. На рынке представлено множество типов соединителей. Ваш дилер Wirsbo поможет сделать правильный выбор.

При соединении всегда необходимо использовать вставную муфту. При подсоединении трубы к клапанам разрешено использование односторонних резьбовых соединителей. Соединения, сделанные с их помощью, менее громоздки. В любом случае, необходимо следовать всем инструкциям по соединению, предоставленным производителем.

ЗНАЧИТЕЛЬНО МЕНЬШАЯ СТОИМОСТЬ МОНТАЖА - вот, что является преимуществом использования труб Wirsbo-PEX для систем питьевой и горячей воды. Теперь

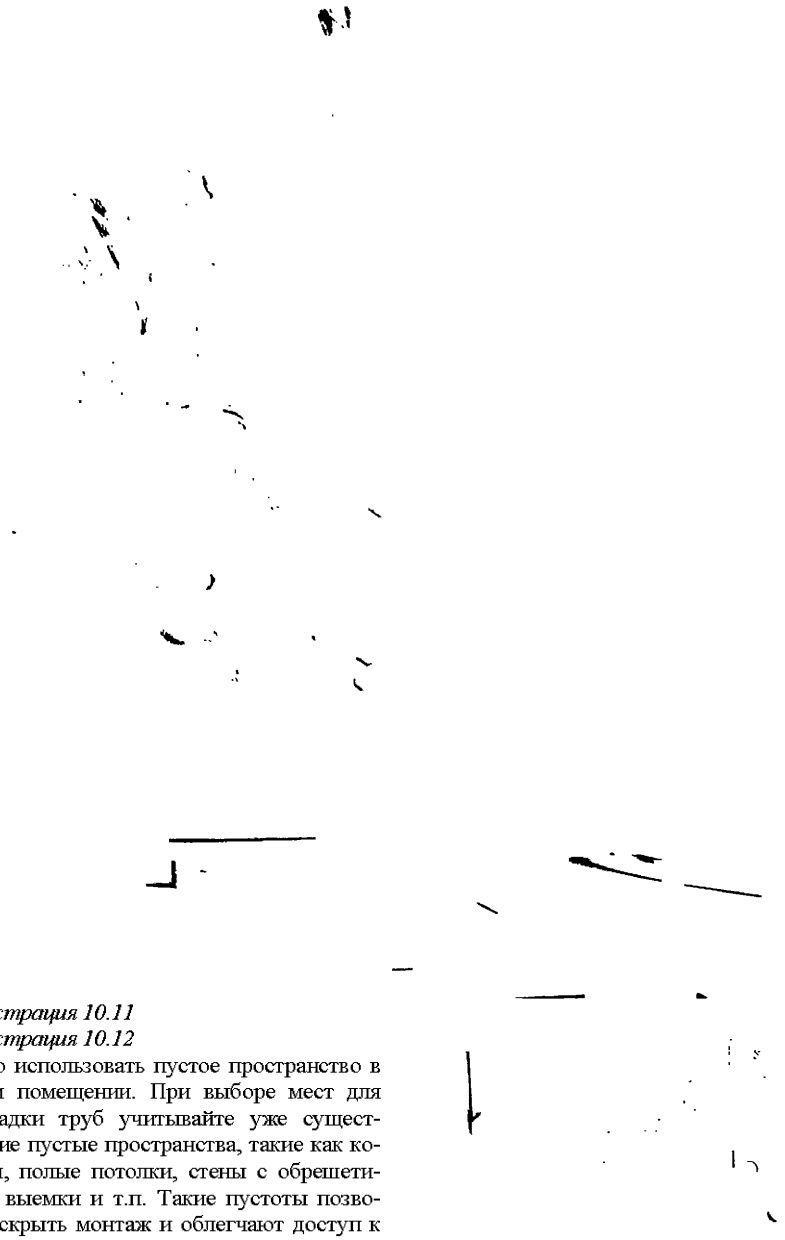


Иллюстрация 10.11
Иллюстрация 10.12
можно использовать пустое пространство в вашем помещении. При выборе мест для прокладки труб учитывайте уже существующие пустые пространства, такие как колонны, полые потолки, стены с обрешетинами, выемки и т.п. Такие пустоты позволяют скрыть монтаж и облегчают доступ к системе.

Монтаж трубы в защитной трубе

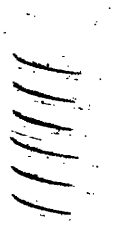
Вариантом прокладки трубы в существующих пустотах является вставка трубы в защитную трубу. Защитная труба, используемая в данном случае, должна быть сделана из теплостойкого полиэтилена. Для данного метода можно использовать монтаж в бетон



Иллюстрация 10.13

и цементные стены. Наибольшим преимуществом данного метода является уже упомянутая возможность доступа и практическое отсутствие опасности ущерба, причиненного водой. Защитная труба может использоваться как при самой низкой температуре монтажа, так и при самой высокой эксплуатационной температуре без проблем. В некоторых случаях трубы горячей и холодной воды могут иметь одну и ту же защитную трубу. Если это не циркуляционная система, не будет никакого заметного повышения температуры холодной воды. Застойная зона в защитной трубе, которая плотно прилегает к каждому концу, имеет выдающиеся изоляционные способности. Крайне редко необходима дополнительная теплоизоляция. Имея идеальный уровень жесткости и гибкости, труба Wirsbo-PEX очень хорошо подходит для защитной трубы. Для такого типа монтажа нет проблем изгибов. Желателен монтаж соединительной коробки на конце защитной трубы.

В качестве замены или растяжения защитной трубы, саму трубу можно проложить на или между обрешетинами. Там, где есть встроенная бытовая техника (например, на кухнях), для прокладки имеются основы. При использовании для автоматической посудомоечной машины трубу можно сложить кольцом перед самым соединением с машиной. Тогда ее можно будет легко достать для ремонта, при этом не отсоединяя трубу.



В полах с многослойной конструкцией трубу можно монтировать в проделанных маршрутизированных выемках на одном из уровней. В бетонных потолках и каменных или бетонных стенах для прокладки труб можно делать желоба или выемки. Где это возможно, для монтажа используются полые пространства или погреба под нижним этажом здания. Труба укладывается на настил из фольги и изоляционного материала и покрывается вторым слоем изоляционного материала.

Трубы Wirsbo-PEX идеально подходят для монтажа в бетон. Эти трубы обладают

коррозионной стойкостью и сопротивлением к изнашиванию даже при высокой скорости потока и не образуют трещин при изгибах или в кривых областях. Степень растяжения ограничена, поэтому даже при монтаже под тонкими слоями цемента трещины не образуются.

ТЕПЛЫЕ ПОЛЫ - не новшество. Напольное отопление было изобретено не современным человеком. Оно существовало уже тысячи лет назад. В то время тепло подавалось в виде теплого воздуха (Иллюстрация 10.19). По существу, только это изменилось с тех пор. Сегодня, как известно, для этих целей используется вода, поскольку это в техническом отношении более эффективно.

Это не означает, что использование воды обходится без проблем. Стальные трубы подвергаются коррозии. Медные трубы склонны к образованию усталостных трещин в результате движения во время расширения и сокращения. Другая опасность зависит от количества возможных негерметичных отверстий. Их больше, если в системе используется большое количество соединений.

Трубопроводная система, состоящая из пластиковых труб Wirsbo-PEX, предлагает идеальное решение всех этих проблем.

Максимальное приближение к идеальной кривой

Есть веские причины, почему поверхностное отопление и особенно напольное

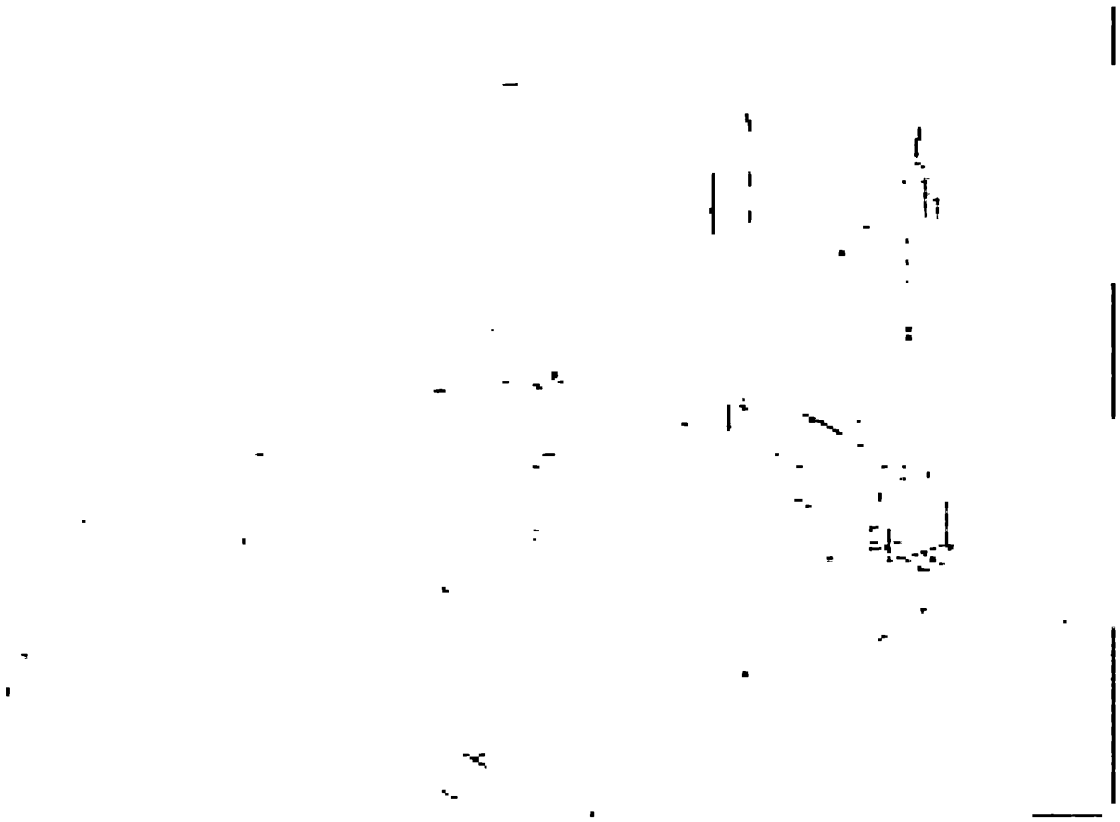


Иллюстрация 10.19

водяное отопление становятся все более популярными. Стоимость отопления непрерывно возрастает. Этот факт вынуждает все большее количество людей прибегать к использованию различных методов изоляции. Это, в свою очередь, выводит на первый план такой метод низкотемпературного отопления, как водяное напольное отопление. Тенденция, заметно отличающаяся от нефтяной промышленности, делает использование заменяющих форм энергии еще более привлекательной. Некоторые из этих методов, например, солнечная энергия или геотермальная энергия, достигают своей наибольшей эффективности именно в области низкотемпературного отопления. По этой причине они особенно привлекательны для использования в системах поверхностного отопления.

Использование систем напольного отопления также подразумевает более высокий уровень жизни. Диаграмма, показанная на Иллюстрации 10:20, основана на результатах изучения идеального распределения температуры в помещении. Сравнение показывает, что кривая распределения тепла при использовании напольного отопления ближе всего приближается к идеальной кривой распределения тепла.

Миллионы футов в год

Каждый год миллионы футов труб Wirsbo-PEX монтируются для систем горячего и холодного водоснабжения и для напольного отопления. В Западной Германии, Швейцарии, Италии, Австрии, Голландии, Бельгии, Испании, Швеции, Норвегии и Дании все больше людей принимает решение использовать трубы Wirsbo-PEX в системах отопления.

Преимущества труб Wirsbo-PEX заключаются в том, что они коррозиеустойчивы, не включают добавок, опасных для здоровья, гибкие и эластичные. Царапины, изгибы и химикалии не влияют на их срок эксплуатации. Различные силы, которые освобождаются в результате термического расширения, заглушаются самим материалом. (Труба и окружающий ее бетон не повреждаются.) И наконец, благодаря длине труб, их монтаж производится с минимальным количеством соединений. Трубы Wirsbo-PEX - “тяжеловесы” среди лидирующих европейских систем водоснабжения и поверхностного

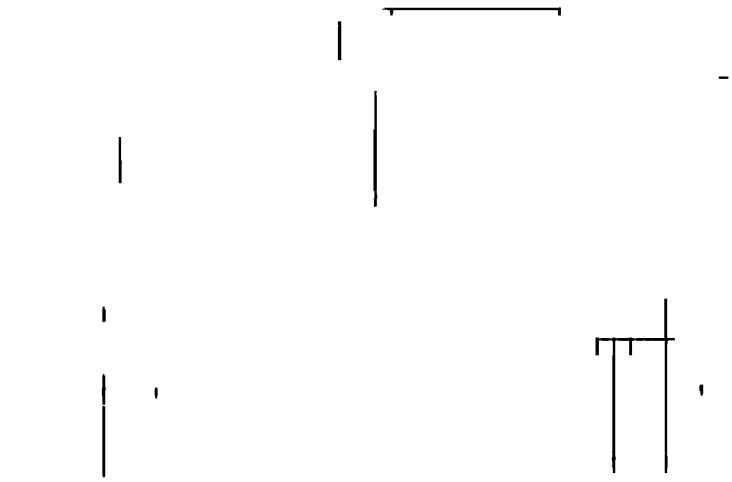


Иллюстрация 10.20 Распределение тепла при различных видах отопления: Идеальная для человека, при напольном отоплении, при радиаторном отоплении, при отоплении конвекторами, при отоплении потолком, при отоплении стенами.

Иллюстрация 10.21 Устройство напольного отопления в жилом доме.

отопления. Представители компании Wirsbo с радостью предоставят в ваше распоряжение описание системы, инструкции по монтажу и сметы.

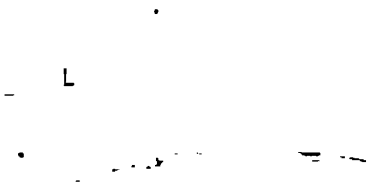
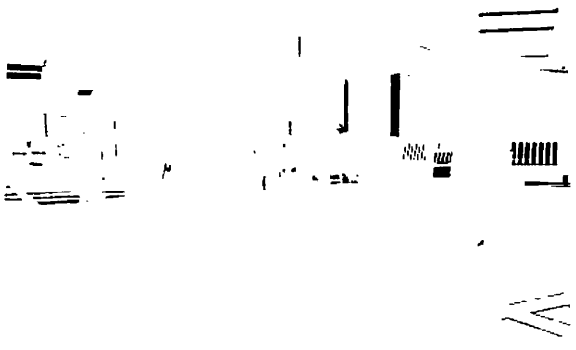


Иллюстрация 10.22 Тепло всегда в зоне расположения людей



Испытательные организации

МЕЖДУНАРОДНОПРИЗНАННЫЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ (ВЫБОР ПО СТРАНЕ)

АВСТРИЯ
Österreichisches Kunststoffinstitut
Franz-Grill-Straße 5, A-1030 Wien

БЕЛЬГИЯ
Institut du Génie Civil
6, Quai Banning, B-4000 Liège

КАНАДА
Canadian Standards Association,
Certification Division
178, Rexdale Blvd, Rexdale, Ontario

ШВЕЙЦАРИЯ
Eidgenössische Materialprüfungs-
und Versuchsanstalt
Überlandstraße,
CH-8600 Dübendorf

ЗАПАДНАЯ ГЕРМАНИЯ
Staatliche Materialprüfungsanstalt
Darmstadt
Postfach 110949, D-6100 Darmstadt

ДАНИЯ
Jydsk Teknologisk Institut
Marselis Bolevard 135,
DK-8000 Århus C

ИСПАНИЯ
Instituto de Plastico y Caucho
Juan de la Cierva 3, Madrid 6

ФРАНЦИЯ
Centre Scientifique & Technique du Bâtiment;
4 Avenue du Recteur-Poincarie, F-75782
Paris Cedex 16

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ
The National Water Council, Fitting
Testing Station The Causeway,
Staines Middlesex, TW 18 3DR

ИТАЛИЯ
Instituto Italiano dei Plastici
Via C.I. Petitti 16. 20149 Milano

НИДЕРЛАНДЫ
Keuringsinstituut voor Waterleidingsartikelen KIWA NV
Postbus 70, NL-2280 AB Rijswijk

ШВЕЦИЯ
Studsvik Energiteknik AB
S-61182 Nyköping

ФИНЛЯНДИЯ
VTT VVS-Tekniska Laboratoriet
Värmemansgränden 3,
SF-02150 Esbo

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
National Sanitation Foundation,
P.O. Box 1468,
Ann Arbor, Michigan 48106



Символ	Количество	Единица измерения
l	Длина (длина трубы)	фут
d	Диаметр (общий)	дюйм
d_o	Внешний диаметр	дюйм
d_i	Внутренний диаметр	дюйм
r	Радиус трубы	дюйм
r_a	Средний радиус трубы	дюйм
s	Толщина стенки (трубы)	дюйм
δ	Толщина, толщина слоя	дюйм
A	Поверхность, поперечное сечение	фут^2
V	Объем	фут^3
h	Высота	фут
Δh	Разница высоты	фут
v	Скорость	фут/с
g	Ускорение свободного падения (местное) (≈ 32.17)	фут/с
R	Отношение диаметра к толщине стенки (D/s) (Стандартное отношение размера)	Безразмерная величина
m	Масса (вес)	фунт$_m$
m_T	Вес трубы	фунт$_m$
m_M	Средний вес трубы	фунт$_m$
ρ	Плотность	фунт$_m$/фут^3
$ρ_T$	Плотность трубного материала	фунт$_m$/фут^3
$ρ_M$	Средняя плотность	фунт$_m$/фут^3
$ρ_W$	Плотность воды	фунт$_m$/фут^3
F	Сила	
lb_F		
p	Давление	пси (фунт$_F$/дюйм^2)
Δp	Разница давления	пси (фунт$_F$/дюйм^2)
σ	Нормальное напряжение (растяжение) Также: напряжение стенки, кольцевое напряжение	пси (фунт/дюйм)
V	Объемный расход	галлоны в минуту
v	Кинематическая вязкость	фут^2/с
v_w	Кинематическая вязкость воды	фут^2/с
Re	Число Рейнольдса	Безразмерная величина
c	Показатель сопротивления трению трубы	Безразмерная величина
T	Температура (термодинамическая)	R (= °F + 460)
t	Температура	°F
a	Коэффициент линейного расширения	фут/фут · R
Q	Количество тепла	БТЕ/ч
Q_l	Тепловые потери	БТЕ/ч
λ	Теплопроводность	БТЕ/ч · фут · °F
α	Коэффициент теплопередачи	БТЕ/ч · фут^2 · °F
k	Коэффициент теплового проникновения	БТЕ/ч · фут^2 · °F
Λ	Коэффициент теплопроводности	БТЕ/ч · фут^2 · °F
R_t	Сопротивление тепловому проникновению	фут^2 · ч · °F/БТЕ
π	3.1416	
ln	Натуральный логарифм	

Формулы, используемые в вычислениях

1. Вес трубопровода, основанный на длине 1 фут
$m_T = \pi/144 \cdot (d_o - s) \cdot s \cdot 1 \cdot \rho_T$ (фунт$_m$) 1 = 1 фут

2. Объем трубопровода, основанный на длине 1 фут
$V = \pi/576 \cdot d_i^2 \cdot 1$ (фут^3) 1 = 1 фут

3. Вес носителя в трубе, основанный на длине 1 фут
$m_M = \pi/576 \cdot d_i^2 \cdot \rho_M \cdot 1$ (фунт$_m$) 1 = 1 фут

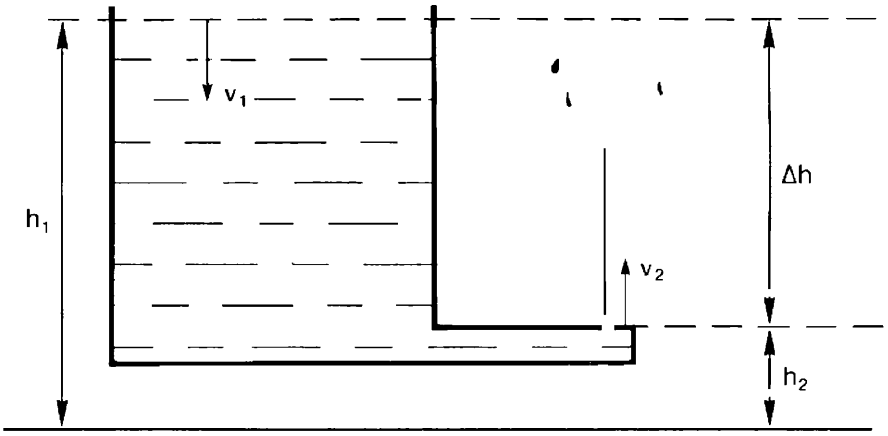
4. Плотность воды как температурная функция (эмпирическое уравнение с численными величинами, действительное для диапазона температур 50-200˚F)
$\rho_w \approx 62.2685 + .0077761 \cdot t - .0001252 \cdot t^2 + .000000157 \cdot t^3$ (фунт$_m$/фут^3)

5. Кинематическая вязкость воды как температурная функция (эмпирическое уравнение с численными величинами, действительное для диапазона температур 50-200˚F)
$\nu_w \approx 10^{-6} (28.001587 - .371028 \cdot t + .0020269 \cdot t^2 - .00000384 \cdot t^3$ (фут^2/с)

6. Падение давления на фут трубы
$\Delta p = c \cdot \rho \cdot v^2 \cdot 1/24 \cdot d_i^2 \cdot g$ (пси)

6.1 c - это показатель сопротивления трению трубы. Следующее уравнение достаточно точно для расхода воды в любой трубе Wirsbo-PEX (формула Никурадзе)
$c = .0032 + .221 \cdot Re^{-237}$ (применимо для $10^4 < Re < 10^8$)

7. Это выделяет и иллюстрирует водяной столб v^2/g из уравнения Бернулли

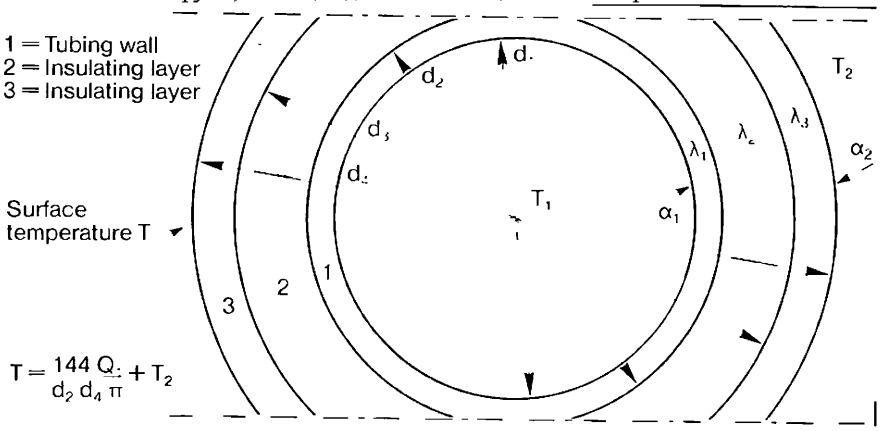


Игнорируя эффект жидкостного трения и допуская большой объем жидкости (со скоростью v_1, стремящейся к нулю), выходная скорость v_2 выводится из следующих двух уравнений:

7.1 $\Delta h = h_1 - h_2 = v^2_2/2 \cdot g$ (гидростатический напор) (фут)

7.2 $v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot} \Delta h$ (выходная скорость) (фут/с)

8. Тепловые потери труб, исходя из длины 1 фут, как показано на открытом поперечном сечении трубы, имеющей два слоя изоляционного материала.



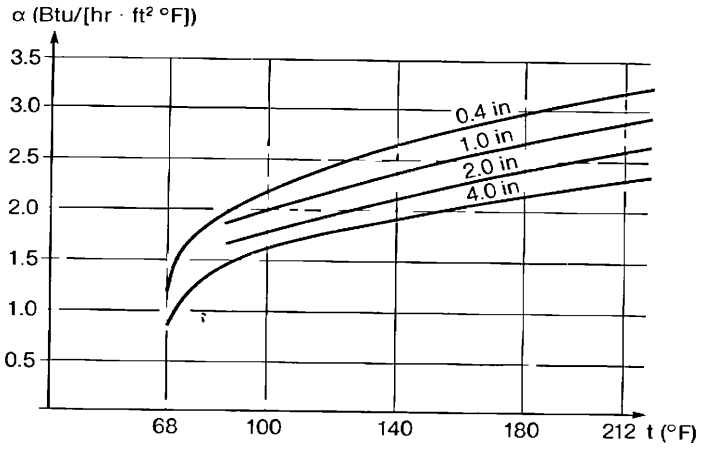
$$Q_L = \frac{\pi \cdot 1 \cdot (T_1 - T_2)}{12/(\alpha_1 \cdot d_1) + 12/(\alpha_2 \cdot d_4) + \ln(d_2/d_4) \cdot 1/(2 \cdot \lambda_1) + \ln(d_3/d_2) \cdot 1/(2 \cdot \lambda_2) \ldots + \ln(d_4/d_3) \cdot 1/(2 \cdot \lambda_3)}$$

(БТЕ/ч) 1 = 1 фут

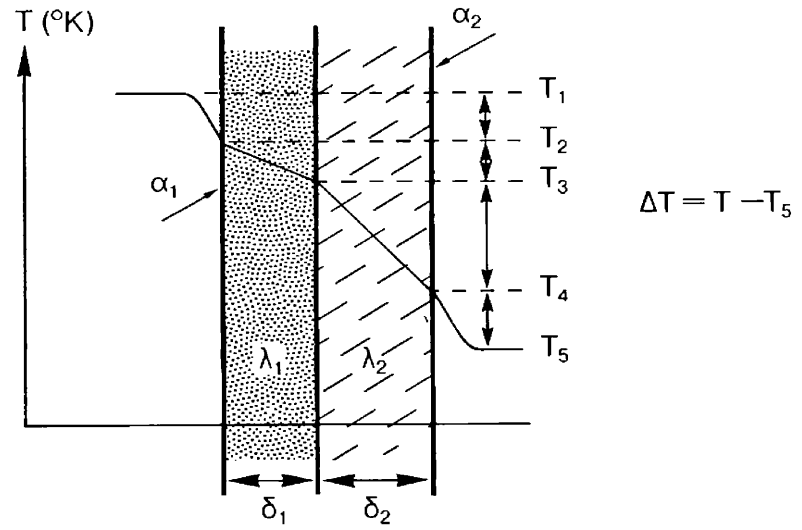
Если труба подает горячую воду, член, содержащий коэффициент теплопередачи α_1, достаточно мал, поэтому его можно игнорировать при сравнении с другими членами уравнения. Если труба не имеет изолирующих слоев, тогда $d_2 = d_3 = d_4$. Натуральный логарифм дробей d_3/d_2 или d_4/d_3 (каждая из которых в данной точке будет принимать значение 1) будет равен нулю. Соответствующие члены уравнения опускаются.

8.1 Коэффициент теплопередачи учитывает передачу тепла благодаря конвекции и излучению. На следующем графике с достаточной точностью показаны коэффициенты теплопередачи изолированной и неизолированной трубы в безнапорных условиях при температуре окружающей среды 68°F.

Thermal-transfer coefficient (overall) as a function of the temperature of the tubing-wall surface (t).



9. Тепловые потери через однородные слои (стенки), исходя из поверхности 1 квадратный фут.



$$Q = \frac{A \cdot \Delta T}{1/\alpha_1 + \delta_1/(12 \cdot \lambda_1) + \delta_2/(12 \cdot \lambda_2) + 1/\alpha_2} = K \cdot A \cdot \Delta T$$

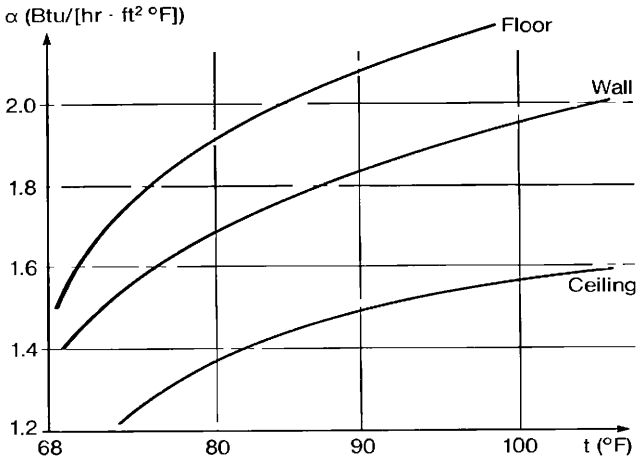
(БТЕ/ч) A = 1 фут^2

9.1 k - коэффициент теплового проникновения. Его обратная величина 1/k - сопротивление тепловому проникновению.

$1/k = 1/\alpha_1 + \delta_1/(12 \cdot \lambda_1) + \delta_2/(12 \cdot \lambda_2) + 1/\alpha_2$ (ч · фут^2 · °F/Btu)

9.2 Коэффициент теплопередачи учитывает передачу тепла благодаря конвекции и излучению. На следующем графике с достаточной точностью показана сумма коэффициентов на гладкой поверхности без принудительного движения воздуха и при температуре окружающего среды 68°F.

Thermal-transfer coefficient of buildings with surface heating as a function of the surface temperature t.



10. Отношение между размерами трубы, внутренним давлением и давлением на стенку трубы (касательное напряжение на окружности, кольцевое напряжение σ). В соответствии с международным договором действительным является следующее уравнение:

10.1 $p = 2 \cdot \sigma \cdot s/(d - s)$ (пси)

или транспонированное

10.2 $\sigma = p \cdot (d_o - s)/2\ s = p \cdot r_a/s$ (пси)

или транспонированное

10.3 $s = p \cdot d_o/(2 \cdot \sigma + p)$ (дюйм)

или транспонированное от 10.2

10.4 $2\ \sigma/p = d_o/s - 1 = R - 1$ (безразмерная величина)

Для отношения между внешним диаметром и толщиной стенки мы ввели значение $R = d_o/s$. В англоязычных странах и особенно в Соединенных Штатах принято SDR или Standard Dimension Ratio (Соотношение стандартных размеров).

10.5 Другое отношение между диаметром и толщиной стенок представлено в уравнении $P = d_1/s$. Его тоже иногда называют SDR, но это неправильно. Если мы добавим уравнение 10.2, результатом будет следующее уравнение:

$2\ \sigma/p = d_i/s + 1 = P + 1$ (безразмерная величина)

11. Ниже приведены различные способы выражения объема прохождения материала трубы. Они выведены из формулы 2 без учета длины.

11.1 $V = 1/77.01 \cdot \pi \cdot d^2_i \cdot v$ (галлоны/с)
11.2 $V = 1/576 \cdot \pi \cdot d^2_i \cdot v$ (фут/с)
11.3 $V = 6.25 \cdot \pi \cdot d^2_i \cdot v$ (фут/ч)
11.4 $V = .7791 \cdot \pi \cdot d^2_i \cdot v$ (галлоны/мин)
11.5 $V = 46.75 \cdot \pi \cdot d^2_i \cdot v$ (галлоны/час)

В предыдущих формулах в качестве альтернативного значения можно ввести $d_i = d_o - 2$.

12. Тепловые потери для воды как функции пропускного объема и разниц температур.

12.1 $Q_l = 8.324\ V \cdot \Delta T$ (БТЕ/ч)

где V выражено в галлонах/час, а ΔT равно падению температуры по прямой.

12.2 $Q_l = 1222 \cdot d_i^2 \cdot v \cdot \Delta T$ (БТЕ/ч)

Коэффициенты преобразования

Метрические и неметрические (английские и американские) эквиваленты

1. Длина (l)

метр м	дюйм	фут	ярд	миля	морская миля
1 25,4 · 10^{-3} 0,304 8 0,914 4 1,609 3 · 10^{3} 1,852 · 10^{3}	39,370 1 12 36 63,36 · 10^{3} 72,913 · 10^{3}	3,280 8 83,333 · 10^{-3} 1 3 5,28 · 10^{3} 6.076 1 · 10^{3}	1,093 6 27,778 · 10^{-3} 0,333 33 1 1,76 · 10^{3} 2,025 4 · 10^{3}	0,621 37 · 10^{-3} 15,783 · 10^{-6} 0,189 39 · 10^{-3} 0,568 18 · 10^{-3} 1 1,150 8	0,539 96 · 10^{-3} 13,715 · 10^{-6} 0,164 58 · 10^{-3} 0,493 74 · 10^{-3} 0,868 98 1

1 микрон (μ) = 10^{-6} метров, 1 ангстрем (A) = 10^{-10} метров

2. Поверхность (A)

метр^2	дюйм^2	фут^2	ярд^2	акр	миля^2
1 0,645 · 10^{-3} 92,903 · 10^{-3} 0,836 13 4,046 9 · 10^{3} 2,590 0 · 10^{6}	1,550 0 · 10^{3} 1 144 1,296 · 10 ^{3} 6,272 6 · 10^{6} 4.014 5 · 10^{9}	10,764 6,944 4 · 10^{-3} 1 9 43,56 · 10^{3} 27,878 · 10^{6}	1,196 0 0,771 61 · 10^{-3} 0,111 11 1 4,84 · 10^{3} 3,097 6 · 10^{6}	0,247 10 · 10^{-3} 0,159 42 · 10^{-6} 22,957 · 10^{-6} 0,206 61 · 10^{-3} 1 640	0,386 10 · 10^{-6} 0,249 10 · 10^{-9} 35,870 · 10^{-9} 0,322 83 · 10^{-6} 1,562 5 · 10^{-3} 1

3. Объем (V)

метр^3	дюйм^3	фут^3	ярд^3	imp. gallon	американский галлон
1 16,387 · 10^{-6} 28,317 · 10^{-3} 0,764 56 4,546 1 · 10^{-3} 3,785 4 · 10^{-6}	61,024 · 10^{3} 1 1,728 · 10^{3} 46,656 · 10^{3} 277,42 231	35,315 0,578 70 · 10^{-3} 1 27 0,160 54 0,133 68	1,308 0 21,434 · 10^{-6} 37,037 · 10^{-3} 1 5,946 1 · 10^{-3} 4,951 · 10^{-3}	219,97 3,604 6 · 10^{-3} 6,228 8 168,18 1 0,832 68	264,17 4,329 0 · 10^{-3} 7,480 5 201,97 1,201 0 1

4. Масса (m), вес

кг	фунт	слаг	унция	брит. цент-нер	брит. тонна	амер. центнер короткий центнер	амер. тон-на корот-кая тонна
1 0,453 59 14,594 28,350 · 10^{-3} 50,802 1,016 1· 10^{-3} 45,359 907,19	2,204 6 1 32,174 62,5 · 10^{-3} 112 2,24 · 10^{3} 100 2 · 10^{3}	68,522 · 10^{-3} 31,081 · 10^{-3} 1 1,942 6 · 10 $^{-3}$ 3,481 1 69,621 3,108 1 62,162	35,274 16 514,79 1 1,792 · 10^{3} 35,84 · 10^{3} 1,6 · 10^{3} 32 · 10^{3}	19,684 · 10^{-3} 8,928 6 · 10^{-3} 0,287 27 0,558 04 · 10^{-3} 1 20 0,892 86 17,857	0,984 21 · 10^{-3} 0,446 43 · 10^{-3} 14,363 · 10^{-3} 27,902 · 10^{-6} 50 · 10^{-3} 1 44,643 · 10 $^{-3}$ 0,892 86	22,046 · 10^{-3} 10 · 10^{-3} 0,321 74 0,625 · 10^{-3} 1,12 22,4 1 20	1,102 3 · 10^{-3} 0,5 · 10^{-3} 16,087 · 10^{-3} 31,25 · 10^{-6} 56 · 10^{-3} 1,12 50 · 10^{-3} 1

1 слаг = 1 фунту-силе · $с^2$/фут

Меры, используемые в США:

US cwt: короткий центнер; british cwt: длинный центнер

US ton: короткая тонна; british ton: длинная тонна

5. Скорость (v)

м/с	км/ч	фут/с	миля/ч	Узлы узлы/ч
1 0,277 78 0,304 8 0,447 04 0,514 44	3,6 1 1,097 3 1,609 3 1,852	3,280 9 0,911 34 1 1,466 7 1,687 8	2,236 9 0,621 37 0,681 82 1 1,150 8	1,943 8 0,539 96 0,592 48 0,868 98 1

6. Плотность (ρ)

кг/м^3	фунт/дюйм^2	фунт/фут^3
1 10^{3} 27,680 · 10^{3} 16,019	36,127 · 10^{-6} 36,127 · 10^{-3} 1 0,578 70 · 10^{-3}	62,428 · 10^{-3} 62,428 1,728 · 10^{3} 1

7. Сила (F), Сила тяжести (G)

Ньютон Н	дина	кило-фунт	фунт-сила
1 $10 \cdot 10^{-6}$ 9,806 6 4,448 2	0,1 $\cdot 10^{6}$ 1 0,980 66 $\cdot 10^{6}$ 0,444 82 $\cdot 10^{6}$	0,101 97 1,019 7 $\cdot 10^{-6}$ 1 0,453 59	0,224 81 2,248 1 $\cdot 10^{-6}$ 2,204 6 1

8. Количество движения (M)

Nm	километры в милю	фунт-сила - дюйм	фунт-сила - фут
1 9,806 6 0,112 99 1,355 8	0,101 97 1 11,521 $\cdot 10^{-3}$ 0,138 26	8,850 8 86,796 1 12	0,737 56 7,233 0 83,333 $\cdot 10^{-3}$ 1

9. Давление (p), нормальное напряжение (σ)

Паскаль Па	бар	Техническая атмосфера	кило-фунт/мм^2	Торр (мм гектограмм)	Физические атмосферы	фунт-сила/дюйм^2
1 100 $\cdot 10^{3}$ 98,066 $\cdot 10^{3}$ 9,806 6 $\cdot 10^{6}$ 133,32 101,32 $\cdot 10^{3}$ 6,894 8 $\cdot 10^{3}$	10 $\cdot 10^{-6}$ 1 0,980 66 98,066 1,333 2 $\cdot 10^{-3}$ 1,013 2 68,948 $\cdot 10^{-6}$	10,197 $\cdot 10^{-6}$ 1.019 7 1 100 1,359 5 $\cdot 10^{-6}$ 1,033 2 70,307 $\cdot 10^{-3}$	0,101 97 $\cdot 10^{-6}$ 10,197 $\cdot 10^{-3}$ 10 $\cdot 10^{-3}$ 1 13,595 $\cdot 10^{-6}$ 10,332 $\cdot 10^{-3}$ 0,703 07 $\cdot 10^{-6}$	7,500 $\cdot 10^{-6}$ 750,06 735,56 73,556 $\cdot 10^{3}$ 1 760 51,715	9,869 2 $\cdot 10^{-6}$ 0,986 92 0,967 84 96,784 1,315 8 $\cdot 10^{-3}$ 1 68,046 $\cdot 10^{-3}$	0,145 04 $\cdot 10^{-3}$ 14,504 14,223 1,422 3 $\cdot 10^{3}$ 19,337 $\cdot 10^{-3}$ 14,696 1

1 мВт = 9,81 $\cdot 10^{3}$ Па

10. Энергия (E), Работа (W)

Джоуль Дж	Киловатт-часы кВт.ч	километры в милю	Килокалории ккал	Лошадиные силы/часы л.с./ч	фут · фунт-сила	Брит. тепловая единица БТЕ
1 3,6 $\cdot 10^{6}$ 9,806 6 4,186 8 $\cdot 10^{3}$ 2,647 8 $\cdot 10^{6}$ 1,355 8 1,055 1 $\cdot 10^{3}$	0,277 78 $\cdot 10^{-6}$ 1 2,724 1 $\cdot 10^{-6}$ 1,163 $\cdot 10^{-3}$ 0,735 50 0,376 62 $\cdot 10^{-6}$ 0,293 07 $\cdot 10^{-3}$	0,101 97 0,367 10 $\cdot 10^{6}$ 1 426,94 0,27 $\cdot 10^{6}$ 0,138 26 107,59	0,238 85 $\cdot 10^{-3}$ 859,85 2,342 3 $\cdot 10^{-3}$ 1 632,42 0,323 83 $\cdot 10^{-3}$ 0,252 00	0,377 67 $\cdot 10^{-6}$ 1,359 6 3,703 7 $\cdot 10^{-6}$ 1,581 2 $\cdot 10^{-3}$ 1 0,512 06 $\cdot 10^{-6}$ 0,398 47 $\cdot 10^{-3}$	0,737 56 2,655 2 $\cdot 10^{6}$ 7,233 0 3,088 0 $\cdot 10^{3}$ 1,952 $\cdot 10^{6}$ 1 778,17	0,947 82 $\cdot 10^{-3}$ 3,412 1 $\cdot 10^{3}$ 9,294 9 $\cdot 10^{-3}$ 3,968 3 2,509 6 $\cdot 10^{3}$ 1,285 1 $\cdot 10^{-3}$ 1

1 эрг = 0,1 10^{-6} Дж

11. Мощность (P)

Ватт Вт	кило-фунт/с	ккал/с	ккал/ч	Лошадиная сила (метрическая)	Лошадиная сила - л.с.	фут · фунт-сила/с	БТЕ/ч
1 9,806 6 4,186 8 $\cdot 10^{3}$ 1,163 735,50 745,70 1,355 8 0,293 07	0,101 97 1 426,94 0,118 59 75 76,040 0,138 26 29,885 $\cdot 10^{-3}$	0,238 85 $\cdot 10^{-3}$ 2,342 3 $\cdot 10^{-3}$ 1 0,277 78 $\cdot 10^{-3}$ 0,175 67 0,178 11 0,323 83 $\cdot 10^{-3}$ 69,999 $\cdot 10^{-6}$	0,859 85 8,432 2 3,6 $\cdot 10^{3}$ 1 632,42 641,19 1,165 8 0,252 00	1,359 6 $\cdot 10^{-3}$ 13,333 $\cdot 10^{-3}$ 5,692 5 1,581 2 $\cdot 10^{-3}$ 1 1,013 9 1,843 4 $\cdot 10^{-3}$ 0,398 47 $\cdot 10^{-3}$	1,341 0 $\cdot 10^{-3}$ 13,151 $\cdot 10^{-3}$ 5,614 6 1,559 6 $\cdot 10^{-3}$ 0,986 32 1 1,818 2 $\cdot 10^{-3}$ 0,393 02 $\cdot 10^{-3}$	0,737 56 7,233 0 3,088 0 $\cdot 10^{3}$ 0,857 79 542,48 550 1 0,216 16	3,412 1 33,462 14,286 $\cdot 10^{3}$ 3,968 3 2,509 6 $\cdot 10^{3}$ 2,544 4 $\cdot 10^{3}$ 4,626 2 1

12. Температура, термодинамическая (T) шкала, другие температурные шкалы

	Шкала Кельвина (T_K) K	Шкала Цельсия (t_c) °C	Шкала Ренкина (T_R) °R	Шкала Фаренгейта (t_F) °F	Физическое состояние
Корреляционная температура	0 K 255,372 K 273,15 K 273,16 K 373,15 K	-273,15°C - 17,778°C 0°C 0,01°C 100°C	0°R 459,67°R 491,67°R 491,688°R 671,67°R	-459,67°F 0°F 32°F 32,018°F 212°F	Абсолютный нуль Температура таяния льда Тройная точка T_{tr} воды Температура кипения воды
Корреляционная температурная разница	1 K 0,4555 56 K	1°C 0,4555 56°C	1,8°R 1°R	1,8°F 1°F	

$t_c = 5/9\ (t_F - 32)$

Физические и технические характеристики некоторых специфических материалов

Предел прочности на разрыв и модуль упругости труб Wirsbo-PEX

Характеристики предела прочности на разрыв и модуля упругости предоставлены Техническим университетом Стокгольма, Institute for Light Construction. Испытания основывались, главным образом, на нормах DIN 53455 и DIN 53457. Образцами для испытаний служили патрубки.

1. Предел прочности на разрыв при наибольшей силе σ_B (N/мм^2)

t (°C) ε (%/мин)	23	60	80	100
1 10 100	13,7 16,8 20,2	10,4 11,5 14,7	8,4 9,2 10,0	6,6 7,2 8,0

2. Модуль упругости E (N/мм^2)

	Модуль секущей E_S N/мм^2			Модуль касательной E_t N/мм^2		
t (°C) ε (%)	23	60	80	23	60	80
1 2 5 10 50	630 470 275 160 -	250 195 130 85 20	150 125 95 60 15	350 215 90 30 -	155 115 60 22 5	105 90 50 17 3

Скорость растяжения ε = 10%/мин

3. Модуль секущей E_s (N/мм^2)

t (°C)	23°C			60°C			80°C		
ε (%/мин) ε (%)	1	10	100	1	10	100	1	10	100
1 2 5 10	505 380 225 130	630 470 275 160	855 635 370 195	190 165 110 70	250 195 130 85	320 250 165 100	130 110 80 50	150 125 95 60	185 155 110 70

4. Модуль касательной E_t (N/мм^2)

t (°C)	23°C			60°C			80°C		
ε (%/мин) ε (%)	1	10	100	1	10	100	1	10	100
1 2 5 10	285 190 80 20	350 215 90 30	585 285 115 50	125 100 50 18	155 115 60 22	240 165 85 30	90 75 40 15	105 90 50 17	140 100 55 20

5. Плотность и теплопроводность различных материалов

Трубопровод, фасонные патрубки	ρ фунт/фут^3	БТЕ/ч°F
Металлы		
Сталь	,48	48,5
Медь	,556	170,
Медь		210,
Нержавеющая сталь	,556	9,2
Латунь	,531	69,
Бронза	,543	35,
“Esmatur” (латунь без удаления цинка)	,512	58,
XLPE (PEX)	,059	,022
Строительные материалы		
Жесткий бетон	,14	0,81

Легкий бетон, сухой	,031	0,069
Древесноволокнистая плитка*	,038	0,075
Минеральная/стекловата	,0012	0,029
	-,0025	
Полиуретан, вспененный*	,0025	0,021
Полистирол, вспененный*	,0012	0,023
Поперечно-сшитый полиэтилен (PEX), вспененный*	,0019	0,023
Линолеум	,069	0,110
Поливинилхлоридное покрытие, литое**	,087	0,046
Другое		
Лед	,057	1,39
Вода	,062	0,35
Воздух	,0008	0,014

* Меняется в зависимости от плотности

** В случае с пластиковыми покрытиями необходимо обращаться к спецификациям производителя.

6. Характеристики пластика в сравнении со сталью

Материал	Коэффициент линейного теплового расширения	Плотность фунт/фут^3	Теплопроводность БТЕ/ч°F
LDPE HDPE XLPE (PEX) PP-C PB ПВХ Сталь	83 72 78 56 72 44 6	.057 .060 .059 .056 ,057 ,087 ,487	0,18 0,24 0,22 0,081 0,13 0,104 33,5

7. Смесь воздушного/водяного пара

Температура, давление насыщения и количество воды для каждой пространственной единицы насыщенного воздуха.

°C	Давление насыщенного пара		г/м³	°C	Давление насыщенного пара		г/м³	°C	Давление насыщенного пара		г/м³
	мм Ртуть	мбар			мм Ртуть	мбар			мм Ртуть	мбар	
-30 -25	0,280	0,373	0,333	18 19	15,48	20,63	15,41	86 88	450,9	601,0	366,7 394,3
-20 -15	0,47	0,626	0,550	20 21	16,48	21,97	16,36	90 91	487,1	649,2	423,5
-12 -11	0,77	1,03	0,88	22 23	17,54	23,38	17,34	92 93	525,8	700,8	Давление
-10 -9 -	1,24	1,65	1,38	24 25	18,65	24,86	18,38	94 95	546,1	727,9	пара kp/см²
8 -7 -6	1,63	2,17	1,80	26 27	19,83	26,43	19,47	96 97	567,0	755,8	1,460 1,561
-5 -4 -3	1,78	2,37	1,96	28 29	21,07	28,08	20,62	98 99	588,6	784,5	1,668 1,780
-2 -1	1,95	2,60	2,14	30 32	22,38	29,83	21,82	100 101	610,9	814,3	1,899 2,024
±0 +1	2,13	2,84	2,33	34 36	23,76	31,67	23,09	101	633,9	844,9	2,754 3,68
+2 +3	2,32	3,09	2,54	38 40	25,21	33,60	24,42	104 106	657,6	876,5	4,85 6,30
+4 +5	2,53	3,37	2,76	45 50	26,74	35,64	25,81	108 110	682,1	909,2	10,22 15,85
+6 +7	2,76	3,68	2,99	55 60	28,35	37,79	27,28	112	707,3	942,8	40,53 87,6
+8 +9	3,01	4,01	3,24	62 64	30,04	40,04	28,81	114 116	733,2	977,3	224,9
+10	3,28	4,37	3,51	66 68	31,83	42,43	30,37	118 120	760	1013,0	
+11	3,57	4,76	3,81	70 72	35,7	47,5	33,8	130	787,6	1049,8	
+12	3,88	5,17	4,13	74 76	39,9	53,2	37,6	140 150	815,9	1087,5	
+13	4,22	5,62	4,47	78 80	44,6	59,4	41,8	160 180	875,1	1166	
+14	4,58	6,10	4,84	82 84	49,7	66,2	46,1	200	937,9	1250	
+15	4,93	6,57	5,18		55,3	73,7	51,2	250 300	1004,4	1339	
+16	5,29	7,05	5,55		71,9	95,8	65,4	374	1074,6	1432,3	
+17	5,69	7,58	5,94		92,5	123,3	83,0		1148,7	1531,1	
	6,10	8,13	6,35		118,0	157,3	104,1		1227,3	1635,9	
	6,54	8,72	6,76		149,4	199,1	130,1		1309,9	1746,0	
	7,01	9,34	7,35		163,8	218,3	141,8		1397,2	1862,3	
	7,51	10,01	7,72		179,3	239,0	153,5		1489,1	1984,8	
	8,05	10,73	8,26		196,1	261,4	168,0		2026	2700	
	8,61	11,48	8,80		214,2	285,5	182,5		2710	3612	
	9,21	12,28	9,39		233,7	311,5	198,0		3570	4758	
	9,84	13,12	10,00		254,6	339,4	214,6		4636	6179	
	10,52	14,02	10,66		277,2	369,5	232,4		7520	10023	
	11,23	14,97	11,30		301,4	401,8	251,4		11659	15540	
	11,99	15,98	12,03		327,3	436,3	271,7		29818	39744	
	12,79	17,05	12,79		355,1	473,3	293,3		64433	85882	
	13,63	18,17	13,60		384,9	513,0	316,2		165467	220551	
	14,53	19,37	14,52		416,8	555,5	340,7				

Метод поглощения

Значение относительной влажности φ можно получить из отношения количества воды по массе в определенном количестве воздуха и количества воды по массе в том же количестве воздуха в точке насыщения. Смотрите таблицу выше (в столбце (г/м^3)). Необходимо учитывать изменения давления и температуры смеси в измерительном приборе.

Психрометр

Значение парциального давления p_D водяного пара выводится из полуэмпирической формулы (Sprung психрометра).

$p_D = p_f - 0.49\ (t - t_f)$ (мм Ртуть)

$p_D = p_f - 0.49\ (t - t_f)$ (миллибары)

где:

t - температура на сухом термометре

t_f - температура на влажном термометре

p_f - давление насыщения при t_f.

Формула действительна для температурного интервала от -20°C до +30°C. Ее точность должна соответствовать точности температурных показателей. Множитель, стоящий перед элементами в скобках, пропорционален атмосферному давлению, которое здесь имеет значение 760 мм Рт = 1013 миллибар. В том случае, если текущее значение отличается, этот множитель можно корректировать для отображения атмосферного давления.

Тогда формулой для относительной влажности будет: $\varphi = p_D/p'$, где p' = давление насыщения при текущей температуре.

Таблицы преобразования

Метрические и неметрические (английские и американские) единицы

1. Длина - преобразование дюймов (дробей) в миллиметры

дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм
1/32	0.794	5/32	3.969	9/32	7.144	13/32	10.319
1/16	1.588	3/16	4.762	5/16	7.938	7/16	11.112
3/32	2.381	7/32	5.556	11/32	8.731	15/32	11.906
1/8	3.175	1/4	6.350	3/8	9.525	1/2	12.700

дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм	дюйм	мм
17/32	13.494	21/32	16.669	25/32	19.844	29/32	23.019
9/16	14.288	11/16	17.462	13/16	20.638	15/16	23.812
19/32	15.081	23/32	18.256	27/32	21.431	31/32	24.606
5/8	15.875	3/4	19.050	7/8	22.225	1	25.400

2. Длина – преобразование дюймов (десятичных дробей) в миллиметры и обратно

дюйм		мм	дюйм		мм	дюйм		мм	дюйм		мм
0·03937	1	25·4	0·62992	16	406·4	1·22047	31	787·4	2·20472	56	1422·4
0·07874	2	50·8	0·66929	17	431·8	1·25984	32	812·8	2·28346	58	1473·2
0·11811	3	76·2	0·70866	18	457·2	1·29921	33	838·2	2·36220	60	1524·0
0·15748	4	101·6	0·74803	19	482·6	1·33858	34	863·6	2·55905	65	1651·0
0·19685	5	127·0	0·78407	20	508·0	1·37795	35	889·0	2·75590	70	1778·0
0·23622	6	152·4	0·82677	21	533·4	1·41732	36	914·4	2·95275	75	1905·0
0·27559	7	177·8	0·86614	22	558·8	1·49606	38	965·2	3·14960	80	2032·0
0·31496	8	203·2	0·90551	23	584·2	1·57480	40	1016·0	3·34645	85	2159·0
0·35433	9	228·6	0·94488	24	609·6	1·65354	42	1066·8	3·54330	90	2286·0
0·39370	10	254·0	0·98425	25	635·2	1·73228	44	1117·6	3·74015	95	2413·0
0·43307	11	279·4	1·02362	26	660·4	1·82202	46	1168·4	3·93700	100	2540·0
0·47244	12	304·8	1·06299	27	685·8	1·88976	48	1219·2			
0·51181	13	330·2	1·10236	28	711·2	1·96850	50	1270·0			
0·55118	14	355·6	1·14173	29	736·6	2·04724	52	1320·8			
0·59055	15	381·0	1·18110	30	762·0	2·12598	54	1371·6			

Пример: 20 дюймов равны 508 миллиметрам, а 20 миллиметров равны 0.78407 дюймов.

3. Длина – преобразование футов в метры и обратно

фут		м	фут		м	фут		м
3.2808	1	0.3048	78.740	24	7.3152	177.17	54	16.459
6.5617	2	0.6096	82.021	25	7.6200	183.73	56	17.069
9.8425	3	0.9144	85.302	26	7.9248	190.29	58	17.678
13.123	4	1.2192	88.583	27	8.2296	196.85	60	18.288
16.404	5	1.5240	91.86	28	8.5344	203.41	62	18.898
19.685	6	1.8288	95.14	29	8.8392	216.97	64	19.507
22.966	7	2.1336	98.42	30	9.1440	216.54	66	20.117
26.247	8	2.4384	101.71	31	9.4488	223.10	68	20.726
29.528	9	2.7432	104.99	32	9.7536	229.66	70	21.336
32.808	10	3.0480	108-.27	33	10.058	236.22	72	21.946
36.089	11	3.3528	111.55	34	10.363	242.78	74	22.555
39.370	12	3.6576	114.83	35	10.668	249.34	76	23.165
42.651	13	3.9624	118.11	36	10.973	255.91	78	23.774
45.932	14	4.2672	121.39	37	11.27	262.47	80	24.384
49.213	15	4.5720	124.67	38	11.582	269.03	82	24.994
52.493	16	4.8768	127.95	39	11.887	275.59	84	25.603
55.774	17	5.18163	131.23	40	12.192	282.15	86	26.213
59.055	18	5.48644	137.80	42	12.802	288.71	88	26.822
62.336	19	5.79125	144.36	44	13.411	295.28	90	27.432
65.617	20	6.0960	150.92	46	14.021	301.84	92	28.042
68.898	21	6.4008	157.48	48	14.630	308.40	94	28.651
72.178	22	6.7056	164.04	50	15.240	314.96	96	29.261
75.459	23	7.0104	170.60	52	15.850	321.52	98	29.870

Пример: 10 футов равны 3.0480 метров, а 10 метров равны 32.808 футов.

4. Поверхность – преобразование квадратных футов в квадратные метры и обратно

фут^2		м^2	фут^2		м^2	фут^2		м^2
10·764	1	0·0929	279·86	26	2·4155	559·72	52	4·8310
21·528	2	0·1858	290·63	27	2·5084	581·25	54	5·0168
32·292	3	0·2787	301·39	28	2·6013	602·78	56	5·2026
43·056	4	0·3716	312·15	29	2·6942	624·31	58	5·3884
53·820	5	0·4645	322·92	30	2·7871	645·83	60	5·5742

64·583	6	0·5574	333·68	31	2·8800	667·36	62	5·7600
75·347	7	0·6503	344·45	32	2·9729	688·89	64	5·9458
86·111	8	0·7432	355·21	33	3·0658	710·42	66	6·1316
96·875	9	0·8361	365·97	34	3·1587	731·95	68	6·3174
107·64	10	0·9290	376·74	35	3·2516	753·47	70	6·5032
118·40	11	1·0219	387·50	36	3·3445	775·00	72	6·6890
129·17	12	1·1148	398·27	37	3·4374	796·53	74	6·8748
139·93	13	1·2077	409·03	38	3·5303	818·06	76	7·0606
150·70	14	1·3006	419·79	39	3·6232	839·58	78	7·2464
161·46	15	1·3936	430·56	40	3·7161	861·11	80	7·4322
172·22	16	1·4865	441·32	41	3·8090	882·64	82	7·6180
182·99	17	1·5794	452·08	42	3·9019	904·17	84	7·8039
193·75	18	1·6723	462·85	43	3·9948	925·70	86	7·9897
204·51	19	1·7652	473·61	44	4·0877	947·22	88	8·1755
215·28	20	1·8581	484·38	45	4·1806	968·74	90	8·3613
226·04	21	1·9510	495·14	46	4·2735	990·28	92	8·5471
236·81	22	2·0439	505·90	47	4·3664	1011·8	94	8·7329
247·57	23	2·1368	516·67	48	4·4594	1033·3	96	8·9187
258·33	24	2·2297	527·43	49	4·5523	1054·9	98	9·1045

269·10	25	2·3226	538·20	50	4·6452	1076·4	100	9·2903

Пример: 10 квадратных метров равны 107.64 квадратных футов, а10 квадратных футов 0.9290 квадратных метров.

5. Объем – преобразование кубических футов в кубические метры и обратно

фут^3		м^3	фут^3		м^3	фут^3		м^3
35·315	1	0·0283	918·18	26	0·7362	1836·4	52	1·4725
70·629	2	0·0566	953·50	27	0·7646	1907·0	54	1·5291
105·94	3	0·0850	988·81	28	0·7929	1977·6	56	1·5857
141·26	4	0·1133	1024·1	29	0·8212	2048·3	58	1·6424
176·57	5	0·1416	1059·4	30	0·8495	2118·9	60	1·6990
211·89	6	0·1699	1094·8	31	0·8778	2189·5	62	1·7557
247·20	7	0·1982	1130·1	32	0·9061	2260·1	64	1·8123
282·52	8	0·2265	1165·4	33	0·9345	2330·8	66	1·8689
317·83	9	0·2549	1200·7	34	0·9628	2401·4	68	1·9256
353·15	10	0·2832	1236·0	35	0·9911	2472·0	70	1·9822
388·46	11	0·3115	1271·3	36	1·0194	2542·7	72	2·0388
423·78	12	0·3398	1306·6	37	1·0477	2613·3	74	2·0955
459·09	13	0·3681	1342·0	38	1·0760	2683·9	76	2·1521
494·41	14	0·3964	1377·3	39	1·1043	2754·5	78	2·2087

529·72	15	0·4248	1412·6	40	1·1327	2825·2	80	2·2654
563·03	16	0·4531	1447·9	41	1·1610	2895·8	82	2·3220
600·35	17	0·4814	1483·2	42	1·1893	2966·4	84	2·3786
635·66	18	0·5097	1518·5	43	1·2176	3037·1	86	2·4353
670·98	19	0·5380	1553·8	-44	1·2459	3107·7	88	2·4919
706·29	20	0·5663	1589·2	45	1·2743	3178·3	90	2·5485
741·61	21	0·5947	1624·5	46	1·3026	3249·0	92	2·6052
776·92	22	0·6230	1659·8	47	1·3309	3319·6	94	2·6618
812·24	23	0·6513	1695·1	48	1·3592	3390·2	96	2·7184
847·55	24	0·6796	1730·4	49	1·3875	3460·8	98	2·7751
882·87	25	0·7079	1765·7	50	1·4158	3531·5	100	2·8317

Пример: 10 кубических метров равны 353.15 кубических футов, а 10 кубических футов равны 0.2832 кубических метров.

6. Объем – преобразование американских галлонов в литры и обратно

галлоны		л	галлоны		л	галлоны		л	галлоны		л
0·246	1	3·785	2·906	11	41·639	5·812	22	83·279	11·888	45	170·343
0·528	2	7·571	2·642	12	37·854	6·340	24	90·850	13·209	50	189·270
0·793	3	113568	3·434	13	49·210	6·868	26	98·420	14·530	55	208·197
1·057	4	15·142	3·698	14	52·996	7·397	28	105·991	15·850	60	227·124
1·321	5	18·927	3·963	15	56·781	7·925	30	113·562	17·171	65	246·051
1·585	6	22·712	4·227	16	60·566	8·454	32	121·133	18·492	70	264·978

1·849	7	26·498	4·491	17	64·352	8·982	34	128·704	19·813	75	283·905
2·113	8	30·283	4·755	18	68·137	9·510	36	136·274	21·134	80	302·832
2·378	9	34·069	5·019	19	71·923	10·039	38	143·845	22·455	85	321·759
2·642	10	37·854	5·283	20	75·708	10·567	40	151·416	23·776	90	340·686

Пример: 5 литров равны 1.321 американских галлонов, а 5 американских галлонов равны 18.927 литров.

7. Масса, вес – преобразование фунтов в килограммы и обратно

фунт		кг	фунт		кг	фунт		кг
2.2046	1	0.4536	35.274	16	7.2575	68.343	31	14.061
4.4092	2	0.9072	37.479	17	7.7111	70.548	32	14.515
6.6139	3	1.3608	39.683	18	8.1647	72.753	33	14.969
8.8185	4	1.8144	41 888	19	8.6183	74.957	34	15.422
11,023	5	2.2680	44.092	20	9.0718	77.162	35	15.876
13.228	6	2.7216	46.297	21	9.5254	79.366	36	16.329
15.432	7	3.1752	48.502	22	9.9790	81.571	37	16.763
17.637	8	3.6287	50.706	23	10.433	83.776	38	17.287
19.842	9	4.0823	52.911	24	10.886	85.980	39	17.690
22.046	10	4.5359	55.116	25	11.340	88.185	40	18.144
24.251	11	" 4.9895	57.320	26	11.793	92.594	42	19.051
26.456	12	5.4431	59.525	27	12.247	97.003	44	19.958
28.660	13	5.8967	61.729	28	12.701	101.41	46	20.865
30.865	14	6.3503	63.934	29	13.154	105.82	48	21.772
33.069	15	6.8039	66.139	30	13.608	110.23	50	22.680

Пример: 10 килограмм равны 22.046 фунтов, а 10 фунтов равны 4.5359 килограмм.

8. Плотность – преобразование фунтов на кубический фут в килограммы на кубический метр и обратно

фунт/фут^3		кг/м^3	фунт/фут^3		кг/м^3	фунт/фут^3		кг/м^3
0.062428	1	16.019	1.2486	20	320.37	2.9965	48	768.89
0.12486	2	32.037	1.3734	22	352.41	3.1214	50	800.93
0.18728	3	48.056	1.4983	24	384.44	3.4335	55	881.02
0.24971	4	64.074	1.6231	26	416.48	3.7457	60	961.11
0.31214	5	80.093	1.7480	28	448.52	4.0578	65	1041.2
0.37457	6	96.111	1.8728	30	480.56	4.3699	70	1121.3

0.43699	7	112.13	1.9977	32	512.59	4.6821	75	1201.4
0.49942	8	128.15	2.1225	34	544.63	4.9942	80	1281.5
0.56185	9	144.17	2.2474	36	576.67	5.3064	85	1361.6
0.62428	10	160.19	2.3723	38	608.70	5.6185	90	1441.7
0.74913	12	192.22	2.4971	40	640.74	5.9306	95	1521.8
0.87399	14	224.26	2.6220	42	672.78	6.2428	100	1601.9
0.99884	16	256.30	2.7468	44	704.81	6.5549	105	1681.9
1.1237	18	288.33	2.8717	46	736.85	6.8671	110	1762.0

Пример: 10 килограмм на кубический метр равны 0.62428 фунтов на кубический фут. 10 фунтов на кубический фут равны 160.19 килограмм на кубический метр.

9. Температура – преобразование градусов Фаренгейта в градусы Цельсия и обратно

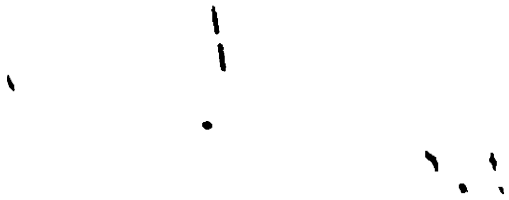
°F		°C	°F		°C	°F		°C
-148	-100.	-73.3	53.6	12	-11.1	203.0	95	35.0
-130	-90	-76.8	57.2	14	-9.9	212.0	100	37.7
-112	-80	-62.2	60.8	16	-8.8	248.0	120	48.9
-94	-70	-56.7	64.4	18	-7.7	284.0	140	60.0
-76.0	-60	-51.2	68.0	20	-6.6	320.0	160	71.1
-58.0	-50	-45.6	71.6	22	-5.5	356.0	180	82.2
-40.0	-40	-40.0	75.2	24	-4.4	392.0	200	93.3
-22.0	-30	-34.4	78.8	26	-3.3	413.6	212	100.0
-4.0	-20	-28.9	82.4	28	-2.2	482.0	250	121.1
14.0	-10	-23.3	86.0	30	-1.1	572.0	300	148.8
23.0	-5	-20.6	89.6	32	0	662.0	350	176.6
24.8	-4	-20.0	93.2	34	1.1	752.0	400	204.4
26.6	-3	-19.4	96.8	36	2.2	842.0	450	232.3
28.4	-2	-18.8	100.4	38	3.3	932.0	500	260.0
30.8	-1	-18.2	104,0	40	4.4	1112.0	600	315.6
32	0	-17.7	113.0	45	7.2	1292.0	700	371.3
33.8	1	-17.2	122.0	50	10.0	1472.0	800	426.6
35.6	2	-16.6	131.0	55	12.8	1652.0	900	482.2
37.4	3	-16.1	140.0	60	15.6	1832.0	1000	537.7
39.2	4	-15.5	149.0	65	18.4	2192.0	1200	648.9
41,0	5	-15.0	158.0	70	21.2	2552.0	1400	760.0
42.8	6	-14.4	167.0	75	23.9	2912.0	1600	871,2
44.6	7.	-13.8	176.0	80	26.7	3272.0	1800	982.3
46.4	8	-13.3	185.0	85	29.5	3632.0	2000	1093.3
48.2	9	-12.7	194.0	90	32.2	4532.0	2500	1371.1
50.0	10	-12.2						

Пример: 50 градусов Цельсия равны 122.0 градусов Фаренгейта. 50 градусов Фаренгейта равны 10.0 градусов Цельсия.

10. Теплопроводность – преобразование БТЕ · дюйм/фут^2 · ч · градусы F в Вт/К · м

БТЕ	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0.09
0,10	0,0144	0,0159	0,0173	0,0187	0,0202	0,0216	0,0231	0,0245	0,0260	0,0274
0,20	0,0288	0,0302	0,0317	0,0332	0.0346	0,0361	0,0375	0,0389	0,0404	0,0418
0,30	0,0433	0,0447	0,0461	0,0476	0,0490	0,0505	0,0519	0,0534	0,0548	0,0562
0,40	0,0577	0,0591	0,0606	0,0620	0,0634	0,0650	0,0663	0,0678	0,0692	0,0707
0,50	0,0721	0,0735	0,0750	0,0764	0,0779	0,0793	0,0808	0,0822	0,0836	0,0851
0,60	0,0865	0,0880	0,0894	0,0908	0,0923	0,0937	0,0952	0,0966	0,0981	0,0995
0,70	0,101	0,102	0,104	0,105	0,107	0,108	0,110	0,111	0,112	0,114
0,80	0,115	0,117	0,118	0,120	0,121	0,123	0,124	0,125	0,127	0,128
0,90	0,130	0,131	0,133	0,134	0,136	0,137	0,138	0,140	0,141	0,143
1,00	0,144	0,146	0,147	0,149	0,150	0,151	0,153	0,154	0,156	0,157
1,10	0,159	0,160	0,162	0,163	0,164	0,166	0,167	0,169	0,170	0,172
1,20	0,173	0,174	0,176	0,177	0,179	0,180	0,182	0,183	0,185	0,186
1,30	0,187	0,189	0,190	0,192	0,193	0,195	0,196	0,198	0,199	0,200
1,40	0,202	0,203	0,205	0,206	0,208	0,209	0,211	0,212	0,213	0,215
1,50	0,216	0,218	0,219	0,221	0,222	0,224	0,225	0,226	0,228	0,229
1,60	0,2307	0,2321	0,2336	0,2350	0,2364	0.2379	0,2393	0,2408	0,2422	0,2436
1,70	0,2451	0,2465	0,2480	0,2494	0,2509	0,2523	0,2537	0,2552	0,2566	0,2581
1,80	0,2595	0,2610	0,2624	0,2638	0,2653	0,2667	0,2682	0,2696	0,2710	0,2752
1,90	0,2739	0,2754	0,2768	0,2783	0,2797	0,2811	0,2826	0,2840	0,2855	0,2869
2,00	0,2884	0,2898	0,2912	0,2927	0,2941	0,2956	0,2970	0,2984	0,2999	0,3013

Пример: Какое значение соответствующей единицы измерения имеет 0.23 Btu · дюйм/фут^2 · ч · градусы F.? Начните со столбца BTU и поместите значение 0.20. Отсюда следуйте по таблице влево до столбца 0.03 и прочтите значение 0.0332 (Вт/К · м).



Глоссарий терминов пластиковой технологии

Правила пользования глоссарием

Статьи без определений сопровождаются номерами страниц, которые дают ссылку на текст, где дается пояснение термина.

Звездочка (*) указывает, что следующее слово и его пояснение, включены в глоссарий.

А

АМИНОПЛАСТИК
Эти термореактивные пластмассы представляют собой аминосодержащие или амидосодержащие соединения альдегида. Наиболее известными альдегидами являются меламиноформальдегидные полимеры (МФ) или карбамидоформальдегидные полимеры (КФ).

Оба типа имеют почти одинаковые свойства, однако, полимеры МФ имеют лучшие характеристики. Пластмассы МФ и КФ могут быть прозрачными и бесцветными, а также светло-желтыми и окрашенными в светлые тона. Эти материалы светоустойчивы, имеют низкую ударную вязкость, устойчивы к воздействию большинства органических растворителей и имеют хорошие электрические свойства (сопротивляемость поверхностной утечке). Пластмассы МФ обнаруживают лучшие свойства, чем пластмассы КФ под воздействием тепла (пластмасса КФ используется при 176ºF., 80ºC, а пластмасса МФ – при 248ºF., 120ºC), атмосферы, химикатов и влаги.

Область применения: в штукатурках и связующих веществах, в производстве покровных материалов, для опрессованных и штампованных деталей, продуктов электрической изоляции и столовой утвари.

АМОРФНОЕ СОСТОЯНИЕ
“Бесформенное”, а также стеклообразное состояние. Сравнимое с жидким состоянием с очень высоким внутренним трением. В противоположность кристаллическому состоянию материала, здесь атомы и молекулы расположены неравномерно. Аморфные материалы не плавятся при специфической температуре, однако, смягчаются на всем интервале температур. В тех точках, где материал был разрушен, поверхность часто имеет раковинообразный вид.

АНТИОКИСЛИТЕЛИ
Вещества, которые добавляются в группы полимерного формовочного материала для предотвращения окисления. Их эффективность основана на том, что они быстрее вступают в реакцию с кислородом, чем полимер (для предотвращения старения).

Полезные антиокислители представляют собой ароматические аминосоединения. Под воздействием света они обесцвечиваются. С другой стороны, фенолы не обесцвечиваются, но и не имеют такого эффекта как антиокислители.

Антиокислители используются в резине и полиолефинах.

АРОМАТСОЕДИНЕНИЯ

ABS
Аббревиатура акрилонитрила, бутадиена и стирола.

ASTM
Американское общество специалистов по испытаниям и материалам. Публикует стандарты терминологии, маркировки, испытаний и производства.

AZO МЕТОД

Б

БАКЕЛИТ®
Торговая марка различных термоактивных пластмасс. Изначально это был феноло-полимерный литьевой пластик, разработанный Г. Бекелендом в начале прошлого столетия. Патент на этот продукт стал основой для производства полностью синтетических материалов, которые доминировали на рынке вплоть до середины прошлого века.

В

ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ

ВУЛКАНИЗАЦИЯ
Процесс сшивания полимера, когда каучук меняет пластическое состояние на упругое и жесткое. Одним из самых первых реактивов, использовавшихся для вулканизации, была сера.

ВЯЗКОЕ (ПЛАСТИЧЕСКОЕ) РАЗРУШЕНИЕ

VMPA
Ассоциация организаций по испытанию материалов (Verband der Materialpruefunsaemter).

VPE
Аббревиатура поперечно-сшитого *полиэтилена, принятая нормами DIN (*XLPE, *PEX, XPE).

Г

ГЕЛЬ
Поперечно-сшитый полимер, который сильно раздувается в растворителе. Основной характеристикой геля является распространение молекулы сетчатой структуры по всей емкости реактивного сосуда, при этом поперечно-сшитый продукт продолжает раздуваться из-за растворителя.

ГОМОГЕНИЧНОСТЬ

ГОМОПОЛИМЕРЫ
Полимеры, образованные только от одного мономера. Антоним: *Сополимеры. Гомополимерами являются многие термопластические материалы (PB, PE, PS).

ГРАНУЛЫ
Шарики одинакового размера и формы. Это общепринятая форма, в которой представлена синтетическая пластмасса.

ГУДЪЕАР, ЧАРЛЬЗ

HDPE
Аббревиатура полиэтилена высокой плотности (твердого полиэтилена). *Полиэтилен.

Д

ДЕЗАКТИВАТОРЫ МЕТАЛЛОВ
ДЕТЕРГЕНТЫ
Синтетические *поверхностно-активные вещества с моющим и очищающим эффектом.

ДИФФУЗИЯ
Процесс проникновения, основанный на способности молекул газа и жидкости распространяться по всей области твердых материалов. Процесс прохождения веществ сквозь твердую пластмассу, называется проникновением. Он проходит в три этапа: впитывание (ассимиляция), диффузия и десорбция (элиминация).

ДИСТИЛЛЯЦИЯ (НЕОЧИЩЕННОЙ НЕФТИ)

ДОБАВКИ
Относятся к большой группе материалов и систем материалов, которые оказывают воздействие на технологические и практические свойства полимеров. Не легко разделить присадки на различные группы, тем не менее, ниже приводятся некоторые из них:

Внутренние и внешние смазочные материалы (уменьшение вязкого, смазочного эффекта). Антиадгезивы и разделительные средства (предотвращают слипание пластиковых материалов).

*Инициаторы/активаторы, *ингибиторы (полимеризирующие агенты, которые начинают реакцию, ускоряют, замедляют или прекращают её).

*Стабилизаторы, *антиоксиданты (предотвращают разрушение в результате воздействия тепла, кислорода или ультрафиолетовых лучей).

Антистатики (уменьшают электрическое сопротивление пластика, иными словами, предотвращение образованию электрического заряда). Противопожарные агенты.

*Наполнители

*Умягчители, пластификаторы (делаю материалы более прочными на удар).

Топливо (используется для создания газов при производстве губчатых продуктов).

Красящие вещества (пигменты).

DIN
Аббревиатура Немецкого института стандартов (Deutsches Institut für Normung). Акроним: DIN. Институт с помощью своих комитетов и персонала занимается пересмотром книг стандартов, принятых в Германии (известных как стандарты DIN).

DVGW
Немецкая ассоциация специалистов в области газа и воды (Deutsches Verein für Gas-und Waserfachleute).

Е

Е-МОДУЛЬ
*Модуль упругости.

И

ИЗБЫТОЧНАЯ ТЕМПЕРАТУРА
ИЗОТАКТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ
* Симметричность молекулярной структуры

ИНГИБИТОРЫ
*Добавки, которые замедляют химическую реакцию или останавливают её. Например, они предотвращают преждевременное затвердевание. Также они увеличивают срок хранения и прочность полуфабрикатов.

ИНДЕКС ПЛАВЛЕНИЯ (г/10 мин)
Мера текучести и обрабатываемости пластика. Эта мера представлена в граммах материала, который можно выдавить за десять минут при нормальных условиях (температура, давление, форма патрубка). Индекс зависит от молекулярной массы полимера. В случае с полиолефинами это особенно важно.

ИНИЦИАТОРЫ
Также: активаторы, реактивы, катализаторы. *Добавки, которые начинают или ускоряют химическую реакцию. В большинстве случаев они входят в состав готового продукта.

ИСПЫТАНИЕ НА ИЗГИБ
Испытание материалов для определения предела прочности на разрыв и деформационных характеристик под воздействием напряжения в трех точках. Во время испытания образец, который был расположен на двух опорах, сгибался в центре с постоянным коэффициентом скорости.

Это испытание, кроме всего прочего,

определяет прочность на изгиб ε_{bB} (напряжение при изгибе при наибольшей силе), а также волоконную эластичность кромки ε_{bB} при наибольшей силе или ε_{bR} во время разрыва.

ИСПЫТАНИЕ НА РАЗРЫВ
Это испытание материалов, которое используется для определения механических свойств под заданным давлением. Испытание пластмасс проводится в соответствии с ASTM D638. Результаты измерений представлены на графике напряжения при растяжении. Здесь напряжение σ (фунты/дюйм^2) или σ (N/мм^2) наносится по отношению к соответствующему растяжению ε в % (также известное как натяжение).

Кривая предоставляет информацию о таких характеристиках испытываемого материала:

Напряжение пластического течения σ_S: Под таким напряжением материал переходит со стадии упругости в пластическую стадию. (Стадия абсолютной упругости указана сплошной линией, стадия вязкоупругости – пунктиром.) Соответствующее растяжение обозначено ε_S.

Предел прочности при растяжении σ_B – это напряжение в момент приложения наибольшей силы. Оно всегда находится в наивысшей точки кривой. ε_B – это растяжение в момент приложения наибольшей силы.

Звездочка (*) на кривой указывает точку разрыва материала. Это дает возможность определить значение прочности на разрыв материала σ_R и его растяжение в точке разрыва ε_R.

Повышение линейной части кривой (стадия упругости) соответствует *модулю упругости: $\tan \alpha = \sigma/\varepsilon = E$.

На графике представлены кривые напряжения при растяжении для четырех различных материалов. A – это жесткий и ломкий материал, такой как укрепленный термореактивный пластик. B – это жесткий и эластичный материал, такой как полиацеталь. C – это мягкий и пластичный материал, такой как LDPE (полиэтилен низкой плотности). D – это мягкий и чрезвычайно пластичный материал, такой как мягкий каучук.

ИСПЫТАНИЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РАЗМЕРОВ

ИСПЫТАНИЕ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ
Это испытание материала, которое показывает стойкость к разрушению или изменению формы от силы удара. Ударная стойкость измеряется как энергия, необходимая для разрушения образца определенного размера. (единица = ft-lb/in^2 или кДж/м^2).

К

КАЗЕИНОВАЯ ПЛАСТМАССА

КАТАЛИЗАТОР
Материал, который, даже в небольших количествах, вызывает реакцию или ускоряет её и при этом фактически не участвует в этой реакции.

КАУЧУК
Натуральный каучук, синтетический каучук. Многомолекулярный материал, который, с помощью сшивки (вулканизации), преобразован в резину (каучук) и используется в различных целях.

КИСЛОРОДНАЯ ДИФФУЗИЯ

КОЛЬЦЕВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

КОЭФФИЦИЕНТ БЕЗОПАСНОСТИ

КРИСТАЛЛИЧНОСТЬ
Считается, что полимер имеет кристаллическую структуру, если он пространственно и химически систематизирован.

Относительно простые цепные молекулы без больших боковых групп, такие как полиамиды, полиэтилены и полиэфиры, обычно достаточно хорошо кристаллизуются.

Кристалличность материала выражает процент кристаллической части в определенном количестве материала. Кристалличность некоторых симметрично структурированных полимеров может быть очень высока. Что касается олефинов, таких как некоторые типы HDPE, кристалличность может достигать 90%.

КФ
Аббревиатура карбамидоформальдегидного полимера. *Аминопластик.

Л

ЛОМКОСТЬ МЕДИ

LDPE
Аббревиатура полиэтилена низкой плотности (мягкий PE). *Полиэтилен.

М

МАКРОМОЛЕКУЛЫ
Молекулы, образованные из очень большого количества атомов. Они являются компонентами полимеров. Макромолекулы образуются синтетическим путем из простых основных молекул (мономеров). Их можно поделить на цепные молекулы и шарообразные молекулы.

МАРКИРОВКА

МЕР
Теоретически наименьший компоновочный блок в макромолекулярной цепи. В отличие от мономера, он не является фактическим материалом.

МЕТИЛЕНХЛОРИД

МЕТОД ПОНТ-А-МУССОН (РАМ)
МЕТОД СИОПЛАС

МЕТОДЫ ПОПЕРЕЧНОГО СШИВАНИЯ

МЕТОД ЭНГЕЛА
Метод производства пустотелых продуктов из полиэтиленовых формовочных материалов способом спекания (плавки). Стал основным методом поперечного сшивания.

МЕХАНИЗМ КАЛИБРОВКИ

МОДУЛЬ КАСАТЕЛЬНОЙ

МОДУЛЬ СЕКУЩЕЙ

МОДУЛЬ УПРУГОСТИ (Е)
Также называется модулем Юнга. Постоянное соотношение напряжения (σ) и изменения длины (ε) в области упругости вещества ($E = \sigma/\varepsilon$). В случае с нелинейным поведением с растяжением при напряжении, необходимо различать модуль касательной и модуль секущей.

МОДУЛЬ ЮНГА
*Модуль упругости

МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА
Сумма атомной массы всех атомов, которые образуют молекулу. Полимерные материалы не имеют общей молекулярной массы, а скорее среднюю массу, которая достигается распределением молекулярной массы.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
Молекулярные цепочки в полимерах не имеют одинаковой длины. Поэтому невозможна и единая молекулярная масса, а только средняя масса. Эта неоднородность отражается в распределении молекулярной массы. Два полимера одного и того же типа с одинаковой средней молекулярной массой могут иметь различное распределение молекулярной массы и поэтому различные свойства. Если распределение молекулярной массы обширное, длина молекулярных цепочек может сильно колебаться.

МОНОМЕРЫ
Вещества с относительно небольшой молекулярной массой, чьи молекулы обладают свойством образовывать цепеобразные макромолекулы (*полимеры) благодаря вступлению в реакцию с самими собой или с другими мономерами. Типичными мономерами являются вещества с двойной связью между двумя атомами углерода, виниловыми мономерами, олефинами или веществами с двумя, обычно сопряженными, (–C=C–C=C–) двойными связями.

МОНОСИЛАНОВЫЙ МЕТОД

МОС (ISO)
Аббревиатура Международной организации стандартизации. Главный секретариат организации расположен в Женеве.

МФ
Аббревиатура меламиноформальдегидного полимера. *Аминопластик.

MDPE
Аббревиатура полиэтилена средней плотности. *Полиэтилен.

Н

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ПРОИЗВОДСТВОМ

НАПОЛНИТЕЛИ
*Добавки. Дополнительные материалы, которые используются вместе с исходным формовочным материалом. Основная задача наполнителей – увеличение количества материала и, таким образом, снижение стоимости продукта. Свойства материала либо сохраняются, либо, в некоторых случаях, улучшаются.

НАФТЕН

НЕЙЛОН (РА)
Изначально торговая марка волокон и нитей РА6.6 американского промышленника Дю-Понта. Сегодня в англоязычных странах нейлон используется как общий термин для *РА.

НЕОЧИЩЕННАЯ НЕФТЬ

НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗА (НЦ)
Производится способом обработки целлюлозы (материала, добываемого из растений) со смесью из селитры и серной кислоты. При превращении в сложные эфиры группы ОН частично или полностью вступают в реакцию с кислотой и в результате получаются нитраты.

В зависимости от степени преобразования в сложные эфиры (содержащие азот), материал имеет различные характеристики и применение. При содержании более 13% азота (полное преобразование составляет 14,2%) создается материал, который горит и взрывается (ружейный хлопок). При 12% получается эфирорастворяемый материал, который используется для производства лаков. При 11% содержания

азота материал используется как литьевой. Если добавлено 30% камфорного масла в качестве смягчителя, материал используется для производства целлулоида. Целлулоид – самый первый термопласт, который производился в огромных количествах. Он использовался более 100 лет назад в качестве заменителя слоновой кости для бильярдных шаров.

Нитроцеллюлоза характерна своей устойчивостью к истиранию и своей исключительной прочностью. Во многих случаях есть и недостатки. Этот материал легко воспламеняется и чувствителен к воздействию ультрафиолетовых лучей. Из-за этого область его использования ограничена. Благодаря своей прочности и низкой тенденции к образованию статического электричества, НЦ используется для производства киноплёнок, а также лаков, клеев, расчесок, зубных щеток, оправ очков и т.п.

НЦ
Аббревиатура *нитроцеллюлозы.

О

ОКИСЛЕНИЕ

ОЛЕФИНЫ
Ненасыщенные углеводороды (с двойной связью). Самыми важными компоновочными блоками (*мономерами) *полиолефинов являются *этилен, пропилен, бутилен-1 и другие.

ОПЫТНЫЙ ЗАВОД

П

ПАРАФИН

ПВХ
Аббревиатура *поливинилхлорида.

ПЕНОПЛАСТ
Легкий материал, сделанный из синтетических материалов. Состоит из открытых (взаимосвязанных) или закрытых полых пространств (ячеек), которые образуются путем добавления газов или катализаторов (образование газа).

ПЕРЕКИСЬ
Вещество со структурой –О–О–. Перекись может быть органической и неорганической. Играет важную роль в качестве *катализатора и *инициатора во время полимеризации и процесса поперечного сшивания.

ПЕРОКСИДНЫЕ МЕТОДЫ ПОПЕРЕЧНОГО СШИВАНИЯ

ПЛАСТИФИЦИРОВАНИЕ
Начальная фаза обработки пластиковых изделий, когда формовочный материал трансформируется под влиянием тепла и механической силы в жидкость.

ПЛАСТИЧНОСТЬ
Термопластическая текучесть. Способность материала безвозвратно изменять свою форму под влиянием силы. Пластичности противопоставляется *упругость.

ПЛОТНОСТЬ
Масса материала на единицу объема, выраженная в фунтах/фут^3 или Мг/м^3. Если говорить о плотности, как о компактном состоянии материала, тогда необходимо разделять сырую плотность (объем, включая пустое пространство) и насыпную (объемную) плотность (объем, включая пространственный интервал и, если есть, пустое пространство).

ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО
Поверхностно-активное вещество, чьи молекулы состоят из одной гидрофильной и одной гидрофобной части. Одна часть стремится растворится в воде, а другая нет. Ионными поверхностно-активные веществами являются либо анионовыми, либо катионовыми, в зависимости от заряда их наиболее сильной части.

Синтетические поверхностно-активные вещества, которые имеют очищающий эффект, называются детергентами.

ПОЛЗУЧЕСТЬ **с. 43**
Медленное, в большинстве случаев необратимое, изменение формы пластмассового изделия, которое подвергается непрерывному, продолжительному напряжению. Это свойство было изучено благодаря испытанию на разрыв, как описано в ASTM D2990. В результате этого испытания был построен график времени безотказной работы (σ к t) и так называемая кривая ползучести (ε к t).

Если применяется достаточное напряжение, может случиться разрушение (разрушение при ползучести). Если напряжение оказывается в течение продолжительного отрезка времени, пределы времени до разрушения значительно сужаются по сравнению с пределами для испытания на напряжение при растяжении, проведенного на трубе того же типа, которая не подвергалась напряжению.

Тенденция к ползучести зависит от используемого материала. Поскольку молекулярная масса материала увеличивается, а *распределение молекулярной массы ближе, коэффициент ползучести уменьшается. Активные наполнители (такие как стекловолокно)

уменьшают тенденцию к ползучести, а смягчители повышают.

ПОЛИАМИДЫ (ПА (РА))
Термопластичные синтетические материалы, которые обозначаются дополнительным числом, показывающим количество атомов углерода в мономерах. (Например, волокно РА6.6 известно как нейлон).

Полиамиды имеют уникальные механические свойства. Высокая степень прочности, низкий коэффициент усталостного разрушения, невысокая степень ползучести, прочность на истирание и низкий коэффициент трения дают возможность широкого применения этих полиамидов. Обработка производится, главным образом, способом опрессовки под давлением. Они нечувствительны к большинству органических растворителей.

Недостатком является очень высокий коэффициент водопоглощения. Поглощение воды оказывает смягчающий эффект и поэтому изменяет размеры материала и некоторые другие свойства. По этой причине полиамиды не так широко используются в электромеханике.

ПОЛИБУТИЛЕН-1 (РВ)
Термопластический изостатический полимер с относительно высокой кристалличностью. Процесс его производства подобен производству полипропилена. Его характеристики подобны LDPE, однако, он имеет большую ударную вязкость и термостойкость.

Точка плавления РВ 257°-266°F. (125°-130°C.) с плотностью 56.5 фунтов/фут^3 (0.91 Мг/м^3). После плавления полибутилен превращается в низко-кристалличный нестабильный материал. Через несколько дней материал сжимается и возвращается в своё прежнее стабильное состояние.

Применение: Трубопроводы, изоляция проводов.

ПОЛИВИНИЛХЛОРИД (ПВХ)
Термопластичный материал, полимер хлорида винила ($CH_2 = CHC1$), который в своем чистом виде является бесцветным. Его температура размягчения – около 176°F. (80°C.) с плотностью 86.8 фунтов/футов^3 (4 Мг/м^3). Этот материал производится в различных сополимеризованных формах. Специальные характеристики обнаруживаются благодаря большому количеству *добавок.

Общие характеристики: Материал имеет стойкость к химическому воздействию и низкую точку размягчения. При высоких температурах он разрушается и при этом выделяет соляную кислоту. Поскольку материал плавкий и клейкий, с ним легко работать.

Применение: Твердый ПВХ (без смягчителя) используется для полуфабрикатов, таких как трубы, гофрированные трубы, плиты и т.п. Мягкий ПВХ используется для фольги, покровных материалов, упаковочных материалов, шлангов и т.п. Он также используется для производства пенопласта.

ПОЛИКАРБОНАТ (РС)
Термопластический материал, который, по своим химическим свойствам, является полиэстером, состоящим из угольной кислоты и бисфенола А.

Он имеет высокую механическую прочность и является прочным при ударах даже на низких температурах (-40°F. или -40°C.). Поликарбонат термоустойчив, хорошо сохраняет свою форму и имеет хорошие электрические качества. Также он имеет низкий коэффициент водопоглощения, является прозрачным и чувствительным к предопределенным точкам разрыва (микротрещины и царапины).

ПОЛИКАРБОНАТНЫЙ СТЕРЖЕНЬ

ПОЛИКОНДЕНСАЦИЯ
Химическая реакция, которая имеет место при образовании полимеров. Различные типы молекулярных компонентов объединяются, в то время как вода выделяется, и образуются материалы, состоящие из больших молекул.

ПОЛИМЕРИЗАТ
Результат *полимеризации. То же, что и *полимер.

ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ
Химическая реакция во время производства пластмассы. Одинаковые молекулярные компоновочные блоки (мономеры) объединяются друг с другом и образуют цепеобразные макромолекулы.

ПОЛИМЕРЫ
Также называются полимерными материалами, которые представляют собой макромолекулярные субстанции, чьи молекулы (цепные молекулы, молекулярные цепи) образуются от очень большого количества небольших компоновочных блоков (мономеров). Структура либо полностью цепеобразная, либо в большей или меньшей степени образована из побочных цепей или групп (ответвлений). Соединения, образованные только из нескольких мономеров (олигомеров), в строгом смысле, полимерами не являются. По существу, полимеры делятся на *гомополимеры и *сополимеры. Они производятся способом *полимеризации, *поликонденсации и *поливалентности. Количество мономеров в цепи определяет степень полимеризации.

ПОЛИОЛЕФИНЫ (РО)
Общий термин всех *полимеров, образованных от олефинов. Некоторыми особенно важными полиолефинами являются *полибутилен-1, *полиэитилен, *полипропилен (поперечносшитый полиэтилен).

ПОЛИПРОПИЛЕН (PP)
Термопластический материал группы *полиолефинов, подобный PE, только тверже. Производится из пропилена под низким давлением (14.5-145 пси или 0.1-1 МПа) и при низкой температуре (122°-212°F. или 50°-100°C.) с использованием катализаторов. Этот материал имеет высокую кристалличность с точкой плавления 329°F. (165°C.) и низкой плотностью 55.8 фунт/фут^3 (0.9 Мг/м^3).

Характеристики: Хорошие механические свойства, склонен к ломкости под воздействием холода, имеет усталостную прочность, хорошие электрические качества, стойкий к химическому воздействию (подобно PE) и является водостойким. Свойства материала можно улучшить с помощью сополимеризации.

Имеет широкую область применения, особенно там, где необходима механическая и термическая стойкость. Это – полуфабрикаты, детали автомобилей и стиральных машин, контейнеры, двигатели.

ПОЛИСТИРОЛ (PS)
Термопластический материал с аморфной структурой и температурой размягчения 212°F. (100°C.). Это полимерный материал без стекла, который может иметь любой цвет. Этот материал твердый (но ломкий), водостойкий и имеет хорошие электрические качества. Его легко формировать с помощью системы литья под давлением. Сополимеризация улучшает его качества. Особое преимущество: его дешевизна.

Применение: упаковочная тара и недорогие изделия широкого потребления, особенно одноразовые товары. Также используется в производстве пенопластовых изделий.

ПОЛИЭТИЛЕН (PE)
Термопластик группы *полиолефинов, который является полимером *этилена. Для производства полиэтилена используются два метода (низкое давление, высокое давление), в результате которых получаются продукты с различными характеристиками.

Метод высокого давления полимеризирует этилен под высоким давлением (14,500-43,500 пси или 100-300 МПа) и при относительно высоких температурах (176°-572°F. или 80°-300°C.). Готовым продуктом данного метода является полиэтилен высокого давления, более известный как полиэтилен низкой плотности (LDPE). Плотность: 56.4-58.3 фунт/фут^3 (0.91-0.94 Мг/м^3). Кристалличность: 50%-80%. Температура плавления: 221°-257°F. (105°-125°C.).

Метод низкого давления полимеризирует этилен под низким давлением (14.5-5800 пси или 0.1-40 МПа) и при умеренных температурах (140°-518°F. или 60°-270°C.). Готовым продуктом данного метода является полиэтилен низкого давления, или полиэтилен высокой плотности (HDPE). Плотность: 58.3-59.8 фунт/фут^3 (0.94-0.965 Мг/м^3). Кристалличность: 80%-90%. Температура плавления: 239°-284°F. (115°-140°C.). Полиэтилен высокой плотности более жесткий и имеет более прочную поверхность, чем полиэтилен низкой плотности.

Типы полиэтилена с плотностью между 57.4 и 58.3 фунт/фут^2 (0.925 и 0.940 Мг/м^3) называются полиэтиленами средней плотности (MDPE).

Характеристики: Эти материалы устойчивы к химическому воздействию, за исключением сильных окисляющих кислот и определенных органических растворителей. Они легкие, имеют высокую степень ударной вязкости, низкую водопоглощаемость, а также являются недорогими.

Применение: различные упаковочные материалы (фольга, тара – иногда для пищевых продуктов), полуфабрикаты (трубы), изделия бытового использования.

ПОЛИЭФИРЫ, НАСЫЩЕННЫЕ
Также называются термопластическими полиэфирами, которые являются частично кристаллизированными продуктами этеризации (главным образом, терефталевой кислоты). Двумя наиболее важными материалами этой группы являются полибутилентерефталат (PBTP) и полиэтилентерефталат (PETP).

Это неэластичный, жесткий пластик. Точка плавления 428°F. (220°C.) для PBTP и 491°F. (255°C.) для PETP. Эти материалы устойчивы к теплу и ультрафиолетовым лучам, естественно стабильны, имеют низкий коэффициент трения, хорошие электрические качества даже в сильно влажной среде и при высоких температурах, а также имеют низкую ударную вязкость.

Применение: тканевые волокна, инструменты.

ПОЛИЭФИРЫ, НЕНАСЫЩЕННЫЕ (НП)
Эти термореактивные пластмассы являются линейными полиэфирами, образованными способом эстеризации с гликолями (алкоголями). Их молекулярная структура остается статической благодаря различным компонентам. Благодаря смешиванию с реактивными ингибиторами полимеры НП, которые в основном чисты как вода, могут храниться долгое время. Структурирующая полимеризация начинается только после добавления отвердителя.

НП является нерастворимым, водоустойчивым, термостойким от 176°-284°F. (80°-140°C.) и имеет хорошие электрические качества.

Полимеры НП особенно важны в технологии пластмасс, наполненных стекловолокном.

Применение: Судостроение, контейнеры, трубопроводы.

ПОЛУОБРАБОТАННЫЙ МАТЕРИАЛ
Продукт, состоящий из формовочного материала, который получит свою окончательную фор-

му после дальнейших процедур, таких как отрезание, соединение, новое литье. Примерами служат фольга, прутья, трубы, стержни.

ПРОБОЙ, ХИМИЧЕСКИЙ

(Также: химическое разрушение)

ПРОБОЙ, ТЕПЛОВОЙ

(Также: тепловое разрушение)

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

ПРОНИЦАЕМОСТЬ
Свойство материала, относящееся к проникновению газов и пара в твердое вещество. Среди пластиковых материалов проникновению подвергаются трубы, уплотняющие материалы, фольга и тому подобное. Проницаемость измеряется количеством, которое проникает через определенную толщину стенки при удельном давлении за определенный период времени. *Диффузия.

PA
Аббревиатура *полиамидов.

PBTP
Аббревиатура полибутилентерефталата. *Полиэфир, насыщенный.

PB
Аббревиатура полибутилена-1.

PC
Аббревиатура *поликарбоната.

PE
Аббревиатура *полиэтилена.

PETP
Аббревиатура полиэтилентерефталата. *Полиэфир, насыщенный.

PEX
Аббревиатура поперечно-сшитого полиэтилена, также *XLPE. Стандарты ASTM для PEX – F876 и F877.

PO
Аббревиатура *полиолефина.

PP
Аббревиатура *полипропилена.

PS
Аббревиатура *полистирола.

P

РАДИАЦИОННОЕ СШИВАНИЕ

РАДИКАЛ, СВОБОДНЫЙ
Группа атомов (часть молекулы) с одним или несколькими неспаренными электронами, т.е. со свободной валентностью. Они играют решающую роль в образовании цепи во время полимеризации.

РЕЛАКСАЦИЯ
В целом, данный термин относится к периоду времени, необходимому для восстановления равновесия после резкого изменения условий.

Релаксация напряжений важна для определения свойств многих видов пластмасс. Это означает постепенное ослабевание внутреннего напряжения, образованное в результате быстрой деформации пластмассового тела. Возвращение в состояние равновесия зависит от пластичных и вязкоупругих свойств, которые определяются молекулярной структурой материала. Неструктурированные молекулы (например, в мягких аморфных пластмассах) двигаются очень быстро относительно друг друга. Вещество такого типа обладает более высоким релаксационным эффектом, чем сшитый твердый материал (термореактивные пластмассы, каучук). Разрыв молекулярных соединений может привести к стабилизации вещества в деформированном состоянии.

Эффект слабой релаксации желателен в случае с эластомерами и синтетическим каучуком, которые даже после долгого периода принудительной деформации, должны иметь "пружинящий" эффект.

Релаксация увеличивается по мере повышения температуры и под воздействием кислорода.

C

СГИБАНИЕ (ТРУБ)

СИЛАНОВЫЙ МЕТОД ПОПЕРЕЧНОГО СШИВАНИЯ

СИЛОКСАНОВАЯ МОСТИКОВАЯ СВЯЗЬ

СИММЕТРИЧНОСТЬ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ
Относится к типу пространственного расположения побочных групп в цепочке молекул (пространственный порядок). Различают 3 группы полимеров, в зависимости от виду пластика:

1. Атактические полимеры: ответвления беспорядочно расположены.
2. Изотактические полимеры: все ответв-

ления расположены по одной стороне основной цепи.

3. Синдиотактические полимеры: ответвления расположены в определенном порядке по разным сторонам основной цепи.

СИНТЕТИЧЕСКАЯ ПЛАСТМАССА
Органические материалы, получаемые из натуральных продуктов или способом отделения угля, неочищенной нефти или природного газа. Обычно делаются из *полимеров. В большинстве случаев они смешиваются с *добавками. Делятся на *термореактивные пластмассы, *эластомеры и *термопластмассы.

СИНТЕТИЧЕСКАЯ СМОЛА
Сырье, которое используется в качестве отправительной точки в производстве пластиковых изделий. Она используется в производстве лаков, клеев и любого связывающего продукта.

СИНТЕТИЧЕСКИЙ КАУЧУК
Полимеры, из которых делаются *эластомеры, (подобно натуральному каучуку) путем использования тех же методов, что и в каучуковой технологии, т.е. *вулканизации.

СИНТЕТИЧЕСКИЙ РОГ

СЛОЖНЫЙ ЭФИР
Соединение неорганических или органических кислот с алкоголем. После создания сложного эфира вода отделяется.

СОПОЛИМЕРЫ
Создаются из двух или более различных, правильно расположенных мономеров. Сополимеры, созданные из трех или более различных мономеров, называются тройными сополимерами. Сополимеры встречаются, главным образом, в трех различных типах: 1) статистические сополимеры со специфически измеримым распределением элементов; 2) блоксополимеры, в которых целые ряды определенных элементов заменяют друг друга и 3) привитые сополимеры, в которых боковые цепи одного мономера прививаются на другой мономер.

Сополимеризация используется для внесения умышленной замены в характеристики * гомополимера. Сополимеризация используется в случае с полимерами, основанными на пропилене, стироле или винилхлориде. Примером таких продуктов может служить синтетический каучук, такой как этиленпропиленовый каучук, фторкаучук, нитриловый каучук или каучук на основе сополимера бутадиена и стирола.

СОПРОТИВЛЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ
Форма сопротивления некоторых пластмасс к энергетическим волнам. Ультрафиолетовые лучи имеют эффект катализаторов и поэтому способствуют разрушению под воздействием кислорода. Поскольку степень опасности зависит от степени проницаемости лучей, тонкие и бесцветные материалы особенно чувствительны к УФ-лучам. Улучшить сопротивляемость УФ-лучам могут такие *добавки, как *ультрафиолетовые стабилизаторы, *антиокислители и пигменты.

СТАБИЛИЗАТОРЫ
*Добавки, которые защищают полимеры во время обработки, производства и практического использования от разрушения под воздействием тепла, кислорода, света и ультрафиолетовых лучей.

СШИВАНИЕ ПОЛИМЕРА
Химический процесс (или его результат), который создаёт трехмерную сетку через соединение молекулярных цепочек. Полимеры, которые плавятся и растворяются в определенных веществах, становятся прочными и нерастворимыми благодаря поперечной сшивке.

Примерами поперечной сшивки являются затвердевание термореактивных пластмасс, вулканизация каучука, поперечная сшивка полиэтилена с перекисью (благодаря тому, что полиэтилен имеет каучукоподобную эластичность выше кристаллической точки плавления), поперечная сшивка, созданная под воздействием энергетически богатых лучей и в некоторых случаях посредством старения.

Уровень поперечной сшивки в материале можно определить по *модулю эластичности или погружением материала в растворитель.

СШИВАЮЩИЙ АГЕНТ
*Поверхностно-активные вещества

T

ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ (a)
Свойство тела расширяться под воздействием тепла. Изменение длины как функцию изменения температуры показано в уравнении: $\Delta l = l \cdot a \cdot \Delta T$, где a – это коэффициент линейного теплового расширения в футах/фут · R.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ (λ)
Свойство материалов, которое указывает на количество тепла (БТЕ), которое проникает в тело с определенным поперечным сечением и толщиной за определенное время (ч). Она выражается как БТЕ/(ч · фут · °F). В статической системе используется следующее отношение:
$Q = \lambda \cdot A \cdot \Delta T \quad 12/\delta$
(БТЕ/ч)
Если теплопроводность относится к определенной толщине стенки, тогда результатом должен быть коэффициент теплопроводности:

Λ [$\lambda \cdot 12/d$ в БТЕ/(ч · фут · °F)].

ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ

ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ ПЛАСТМАССЫ
Эта группа включает в себя все синтетические пластмассы или формовочные материалы, а также полимеризованные материалы, которые делаются из них. Они безвозвратно формируются и прочно сшиваются. Характерными свойствами являются высокая прочность и твердость, они не плавятся при высоких температурах, не растворяются органическими растворителями и теряют свою пластичность после затвердения.

Наиболее известными термореактивными пластмассами являются *аминопластмассы, фенопластмассы, эпоксидные смолы и *карбамидоформальдегидные полимеры.

ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ

У

УПРУГОСТЬ
Свойство материала возвращаться в прежнее состояние после прекращения воздействия внешней силы. Единицей, используемой для оценки данной характеристики материала, называется *модуль упругости (также: модуль Юнга). Упругости материала должна противопоставляться его *пластичность.

УДЛИНЕНИЕ

УФ

УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ
Химикаты, которые добавляются в небольших количествах в пластмассы с целью замедления разрушающего эффекта ультрафиолетовых лучей, присутствующих в солнечном свете, и разрушения под воздействием кислорода и тепла.

Ф

ФЕНОЛ
Соединения, полученные из соединения бензола (кольцевое углеводородное вещество) с одной или более группами ОН. Фенолы делаются из угольной смолы, но обычно производятся искусственным путем. Это важный подготовительный продукт в производстве синтетических пластмасс. *Фенопластмассы.

ФЕНОПЛАСТМАССЫ
Группа термореактивных пластмасс, образуемых в результате реакции конденсации между фенолами и альдегидами.

Наиболее важными являются фенол-формальдегидные полимеры. Они принадлежат к группе “классических” пластмасс и начали выпускаться уже в начале прошлого века под названием “Бакелит”.

Используются в лаках, клеях, пропиточных средствах, в производстве клееной фанеры, слоистого пластика и т.п. Вместе с *наполнителями и носителями полимеров фенопластик используют для производства изоляционных изделий, корпусов оборудования, формовых и многих других изделий.

ФОРМОВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ
Любая синтетическая пластмасса, сделанная из *добавок и готовая к производству пластиковых изделий под давлением и теплом с использованием различных методов, таких как литьевое формование, компрессионное формование, экструзия или выдувное формование.

ФОРМОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ
Продукты, сделанные из формового материала в закрытых литейных формах.

Х

ХОЛОДОСТОЙКОСТЬ
Прочность полимерного материала при низких температурах. Механические свойства пластмассы зависят от температуры. Если температура понижена, они становятся ломкими и хрупкими. Предел прочности на разрыв и ударная вязкость понижаются. Холодостойкость особенно важна для эластомеров (каучука).

XLPE, XPE (*PEX, *VPE)
Аббревиатуры, используемые для поперечно-сшитого полиэтилена в англоязычной технической литературе.

Ц

ЦАРАПИНЫ

ЦЕЛЛУЛОИД
*Нитроцеллюлоза

Ш

ШЕЛЛАК

Э

ЭБЕНОВОЕ (ЧЕРНОЕ) ДЕРЕВО

ЭЛАСТОМЕР
Свободно сшитый материал с большими молекулами, который, с небольшим приложением силы, может растягиваться почти вдвое своей

исходной длины и после этого возвращаться в свое прежнее состояние.

ЭПОКСИДНАЯ СМОЛА

ЭРОЗИЙНАЯ КОРРОЗИЯ

ЭТИЛЕН

Самый простой углеводород ($H_2C=CH_2$). Это газ без цвета и почти без запаха. Его точка кипения – около -157°F. (-105°C.). Этилен производится промышленным путем через крекинг-процесс неочищенной нефти. Затем он обрабатывается для производства полимеров *полиэтилена и *полистирола и их сополимеров.

ЭТИЛЕНПРОПИЛЕНОВЫЙ КАУЧУК

Этот материал делится на две группы: этиленпропиленовые сополимеры и этиленпропиленовые тройные сополимеры.

Сополимеризация пропилена и этилена повышает ударопрочность полипропилена при низких температурах. С увеличением содержания этилена образуются сополимеры с каучукоподобной упругостью.

При использовании третьего мономера образуется вулканизированный тройной сополимер (синтетический каучук EPDM).

ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ (КРИВЫХ)

ЭКСТРУДЕР

Машина, используемая для непрерывной формовки продуктов, особенно сделанных из термопластичных материалов.

Типы машин: поршневой экструдер и одно- или многочервячной экструдер.

Цель: Подготовка материалов способом смешивания, измерения и объединения присадок, удаление или добавление газов, гомогенизация, пластификация, полимеризация, поперечная сшивка и тому подобное, придание прессованному материалу твердого, полого и ячеистого характера; использование в трубах и трубопроводах, изоляционных материалах, нитках из мононити, фольге и пустотелых продуктах (выдувная экструзия).

Принцип работы: Материал в форме гранул или порошка помещается в наполняющий прибор сзади экструдера и червяком переносится в цилиндр. Здесь он плавится и пластифицируется под компрессом тепла, образованного в результате трения или какого-либо другого источника. Затем червяк создает давление, необходимое для выдавливания материала через головку экструдера, после чего материал охлаждается.

*Пластификация – это сложная процедура, которая зависит от многих факторов, включая температуру, давление, количество оборотов, направление поворота, конструкции червяка и состава материала, который необходимо формовать. Во время пластификации и экструзии молекулярные цепочки до некоторой степени выровнены по оси. В охлажденном состоянии они сохраняют это положение.

ЭКСТРУЗИЯ

Метод, используемый для непрерывной формовки труб и шлангов из пластмасс. Сами машины называются *экструдерами. В зависимости от используемых методов и материалов, экструдер может быть одно- или многочервячным, а также одно- или двухпоршневым (метод Энгела).

Сначала материал принимает растекающуюся консистенцию, выдавливается через кольцеобразную головку трубы, оттуда переходит на этап калибровки, где трубе придаётся необходимый диаметр, и затем труба твердеет. Калибровочный прибор состоит из охлажденной калибровочной трубы или вытяжной формы в водяном баннике. Труба вдавливается в калибровочный прибор с помощью внутреннего давления или вакуумного эффекта вокруг неё. Затем готовая труба обрезается или сматывается в бухту.

ЭКСТРУЗИОННЫЙ ПРЕСС

*Экструдер.

Фото/картинки
Елбергс Билдер, Лейф Бьерклунд, Ханс Феурер,
Бенгт аф Гейерстам, Гудеар, Ханс Хаммарскйолд, Густав Хансон
Йарежейтен Верлаг, К-Консулт, Том Мяверстранд, НАСА-фото,
Пол-Нильс Нильссон, дю Понт, Даг Сандблад, Бьорн Винснес
Прорисовка: Керстин Олссон, Гилькрист Студиос Груп.
Английский перевод: Роберт Ф Уолд
Перепечатано с ADI-Grafica, Lda- Vila Nova da Gaia- Portugal
©Wirsbo Brukc AB.

Русская редакция подготовлена Б. Кузин
2003 г.

Уважаемый читатель!

Просьба все замечания и пожелания, по изложенной в настоящем издании информации, направлять по адресу:

wirsbo@ua.fm **или** ***u ono kr.net***