

ПОЛИБУТЕН-1

НА ПОРОГЕ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

F. Schemm, F. Van de Vliet, K. Könecke, J. Grasmeder

Краткий обзор

Полибутен-1 (ПБ-1) – сравнительно мало изученный полиолефин, свойства которого схожи с большинством общеизвестных полиолефинов, таких как полипропилен и полиэтилен. В то же время он обладает универсальностью, достоинствами и возможностями, обычно не ассоциируемыми с этим типом пластмасс.

Трубы, изготовленные из ПБ-1, представлены на рынке с середины 1960-х годов.

Благодаря стратегической важности ПБ-1 для хозяйственного портфеля Basell, компания изучила новую технологию процесса синтеза ПБ-1 с катализаторами Циглера-Натта. С 2003 года действует завод мощностью 45 тыс.т, использующий эту технологию в Моэрдийке (Moerdijk), Нидерланды.

Новая технология позволила Basell улучшить свойства ПБ-1 пластиков, что привело к появлению нового поколения ПБ-1 для применения в трубах. По классификации MRS, используемой для стандартных полиолефинов (20°C, 50 лет), новое поколение ПБ-1 может быть классифицировано как ПБ 140 (MRS=14 МПа).

Применение для изготовления пластиковых труб более прочного полимера дает возможность значительной экономии материала, а, следовательно, и уменьшения цены товара. Трубы, изготовленные из ПБ-1, характеризуются не только меньшей массой, но и повышенными пластичностью и упругостью.

Модуль упругости при изгибе материалов старого и нового поколений близки. Для труб малого диаметра упругость является важным преимуществом монтажа (например, для обогрева стен); гибкость труб большего диаметра может дать особые преимущества.

Вместе с нашими клиентами мы выяснили, что изделия из ПБ-1 различных марок легко поддаются сварке. Это дает возможность изготавливать из него методами экструзии или прессования самые разнообразные фасонные детали – от классических компрессионных фитингов до фасонных деталей с закладными нагревателями (для электромужфтовой сварки) и, таким образом, обеспечивать комплектацию практически любых трубопроводов.

Трубы, изготовленные из ПБ-1, поддаются повторной переработке. ПБ-1 можно рассматривать как экологически чистый материал, не наносящий вреда окружающей среде, и по другим причинам: меньший вес на метр трубы, молекулярная структура полимера существенно не меняется при

формовании экструзией или прессованием; высокая износоустойчивость.

Так как мы начинаем изучение границ нашей новой технологии, то примем свойства материалов «следующего поколения» ПБ-1 в качестве отправной точки. Мы продолжаем работать над повышением качества материала для удовлетворения особых требований рынка и клиента к разнообразию изделий. Мы сосредоточены на постепенной замене традиционных материалов и обеспечении стабильного роста.

Оглядываясь назад: «С днем рождения, ПБ-1!»

2004 год можно назвать юбилейным для ПБ-1, так как исполнилось 50 лет с момента его открытия. Профессор Джулио Натта (Giulio Natta), получивший в 1963 году Нобелевскую премию, «отец» полипропилена, был первым, кто синтезировал ПБ-1 в лабораторных условиях [1]. Десять лет спустя, в 1964 году, химик Верк Хюльс (Werke Huls) начал первое промышленное производство ПБ-1 в Европе.

Компания Salen, предшественник Flexalen Trading, была одной из первых в оценке и изучении специфических свойств систем трубопроводов из ПБ-1. В 1965 году Salen установила трубы ПБ-1 в системе отопления Австрийского института полимеров OKI (Osterreichisches Kunststoff-Institut). Эти трубы эксплуатируются до сих пор.

В 1972 году 6,5 км труб диаметром 25 и 225 мм были установлены в геотермальном бассейне Вена-Оберлаа, Австрия (Vienna-Oberlaa, Austria). Несмотря на агрессивную среду геотермальной воды (относительно высокое содержание серы, рабочая температура 54°C), трубы ПБ-1 служат до сих пор, в то время как большинство сливных труб для сточных вод, изготовленных из других полимеров, были заменены [2].

В 1977 году Shell Chemicals USA, филиал Shell Oil Company, приобрела производство ПБ-1 у Witco Chemical Corp. и начала обширную инвестиционную программу для повышения производительности завода в городе Тафт, Луизиана (Taft, Louisiana). Интенсивная научно-исследовательская работа привела к значительному улучшению качества выпускаемой продукции. В 1982 году Shell представила новый класс водопроводных и отопительных систем для холодной и горячей воды. Эти марки ПБ-1 находились в эксплуатации более двух десятилетий и удовлетворяли требованиям эксплуатации.

В 2003 году, когда Basell запустила свой новый участок полимеризации в Нидерландах мощностью 45 тыс.т в год,

прогрессивные заводские технологии открыли новые возможности для разработки и производства продукции из полибутена. Новое поколение материалов, используемых для труб, открывает новые возможности ПБ-1.

Взгляд изнутри: полимер ПБ-1

ПБ-1 синтезируют полимеризацией бутена-1 со стереоспецифичным катализатором Циглера-Натта с получением линейного, высокомолекулярного, изотактического, полукристаллического полимера.



Полибутен-1 относится к классу полиолефинов, как полиэтилен или полипропилен. Особенности морфологии и процесса кристаллизации в сочетании с тщательно контролируемыми молекулярными параметрами придают ПБ-1 совокупность свойств, которая объединяет типичные характеристики стандартных полиолефинов и специфичные особенности конструкционных полимеров.

ПБ-1 показывает отличную сопротивляемость текучести, трению, образованию трещин под химическим воздействием и воздействием окружающей среды – свойства, которые клиенты Basell отмечают как желательные для труб, применяемых для отопления и водоснабжения. Также полимер обладает низкой жесткостью, высоким относительным удлинением на пределе текучести (даже при достаточно низких температурах) и высокой упругостью.

Новая технология полимеризации Basell и новое поколение катализаторов позволило очень тщательно контролировать основные молекулярные параметры, такие как молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение, изотактичность и кристалличность.

Кристаллическая фаза полукристаллического полимера влияет на определенные характеристики. Вообще, при увеличении кристалличности увеличивается жесткость, прочность, плотность, сопротивляемость текучести, термостойкость, износоустойчивость и уменьшается набухание при воздействии реактивов. Аморфная фаза определяет такие свойства, как прочность при ударе и растяжении, развитие трещин и сопротивление растрескиванию при напряжении.

Соединение и монтаж

Как показывает практика, трубы из ПБ-1 удобны в работе, а их использование экономически выгодно. Широко известно, что простота в обращении и быстрота установки связана с низкой массой ПБ-1, гибкостью (даже при низких

температурах), низким эффектом запоминания и широким разнообразием имеющихся соединительных деталей.

Преимуществом пластмассовых труб перед металлическими является их гибкость. Низкое значение модуля Юнга в сочетании с высокими прочностными характеристиками делает трубы из ПБ-1 исключительно гибкими.

	ПБ-1	PEX	PE-RT	PP-R
Модуль Юнга при растяжении, ISO 178, МПа	400	600	650	800

Очевидно, что чем легче сгибать трубу и придавать ей нужную форму, тем быстрее сборка. Высокая гибкость труб из ПБ-1 позволяет прокладывать их отрезками большой длины в подготовленные каналы, что уменьшает количество необходимых соединительных и фасонных деталей и существенно снижает трудоемкость монтажа.

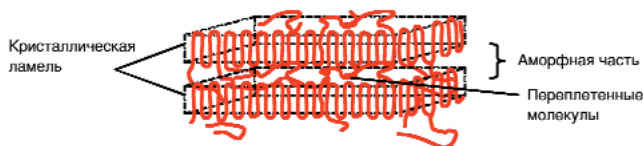
У ПБ-1 есть дополнительное преимущество в том, что один и тот же полимер может использоваться для производства как труб, так и фитингов. Производители разработали сложные системы трубопроводов, включающие муфты, тройники, отводы, редукторы, заглушки, переходы и многое другое.

Ползучесть

Вообще, полиолефиновые материалы, как и большинство других полимеров, при длительном непрерывном напряжении обладают ползучестью. Эта способность к пластической деформации может быть уменьшена созданием трехмерной структуры, например сшивкой. Для PEX широко используют методы пероксидной, силанольной или радиационной сшивки.

ПБ-1 изначально свойственна пониженная ползучесть. Он не требует дополнительной сшивки или какой-либо другой модификации. При переходе ПБ-1 из расплава в твердое состояние формируется плотная сетка проходных молекул между кристаллическими доменами (рис. 1). Кристаллиты ПБ-1 выступают в качестве узлов сшивания. При этом ползучесть частично подавляется вследствие наличия боковых подвесок C₂.

Рис. 1. Кристаллические домены в ПБ-1, так называемые сферулиты, соединены проходными цепями молекул аморфной фазы



Очень большая молекулярная масса (около 500 000) и сравнительно большое количество боковых групп в цепи полимера эффективно способствуют формированию узлов с большим количеством связанных молекул, которые препятствуют ползучести даже при высоких температурах, близких к температуре плавления ПБ-1.

Химическая устойчивость и растрескивание под напряжением

Являясь полиолефином, ПБ-1 обладает хорошей устойчивостью к кислотам, основаниям, поверхностно-активным веществам, маслам, жирам, спиртам, кетонам, алифатическим углеводородам и горячим полярным растворителям, включая воду. Как и другие полиолефины, ПБ-1 чувствителен к сильным окислителям, ароматическим и хлорсодержащим углеводородам.

ПБ-1 очень устойчив к воздействиям окружающей среды и в этом смысле выгоднее других полиолефинов. Лабораторные тесты показали, что ПБ-1 не повреждается после 15 000 ч выдерживания в 10% растворе Igeral C0630 при 50°C согласно ASTM D1693.

Учитывая кристаллическую структуру полимера, можно ожидать, что новое поколение ПБ-1 будет обладать аналогичными существующим маркам показателями химической устойчивости и устойчивости к растрескиванию под действием напряжения.

Санитарные нормы предполагают принятие периодических мер, препятствующих развитию бактерий в водопроводных сетях. Один из распространенных методов – хлорирование. Испытания труб из ПБ-1, показали, что их устойчивость к хлору сравнима с другими полиолефинами и традиционными материалами.

ПБ-1 обладает отличной термостойкостью, и испытания труб из ПБ-1, показали, что они хорошо приспособлены к циклам температурной обработки.

Защита от замерзания и изоляция

По данным наших клиентов, трубы, изготовленные из ПБ-1, сохраняют работоспособность в широком диапазоне температур. Благодаря высокой эластичности ПБ-1, они не разрушаются при замерзании в них воды и полностью восстанавливают свои размеры после оттаивания.

Практика показывает, что трубы из ПБ-1 остаются гибкими даже при температуре ниже точки замерзания, и строительные работы могут проводиться в холодное время года (при температуре до -10°C).

Другим достоинством ПБ-1 является низкая теплопроводность по сравнению с металлами. При отрицательной температуре окружающей среды вода в ПБ-1 трубопроводе дольше не замерзает. Для защиты такого трубопровода от замерзания необходима меньшая теплоизоляция.

Диффузия кислорода

Для систем отопления пластиковые трубы, изготовленные из полиолефина, необходимо снабдить кислородным барьером для предотвращения диффузии кислорода через стенки трубы. Измерения, проведенные KIWA в соответствии с требованиями DIN 4726 или BS 7291, показали, что скорость диффузии кислорода через ПБ-1 нового поколения (ПБ 4237) в 4 раза ниже по сравнению со старыми марками ПБ-1 (ПБ 4137). Это может быть объяснено большей степенью кристалличности нового ПБ-1.

Несмотря на подтвержденные барьерные свойства нового ПБ-1, по действующим стандартам для труб отопления все еще требуется использование дополнительного кислородного барьера. Для этого трубу дополнительно покрывают слоем этилвинилового спирта (ЭВС).

Акустические свойства

Применение труб из полимерных материалов в жилых домах повышает личный комфорт домовладельцев. Одно из самых очевидных достоинств пластиковых труб – уменьшение шума при эксплуатации. Благодаря высокой эластичности и низкой плотности ПБ-1, трубы из него прекрасно поглощают звуковые волны, возникающие при колебаниях давления воды.

Бесшумная работа водопроводной системы обеспечивается ее конструкцией, выбором материалов трубы, способом крепления труб и положением трубопровода относительно строительной конструкции.

Экологические аспекты

Берлинский Технический университет, ведущий исследования по оценке воздействия на окружающую среду материалов, используемых в водоснабжении, на протяжении всего цикла жизни продукта, классифицирует ПБ-1 как материал, «совместимый с окружающей средой». Результаты проведенных исследований ясно показывают, что пластмассовые трубопроводы, и особенно те, которые сделаны из ПБ-1, превосходят по экологическим показателям аналогичные трубопроводы из традиционных материалов. Они требуют меньше энергии на стадиях производства, обработки, установки и использования, таким образом, уменьшая выделения в почву, воду и воздух [10].

Замечательный пример того, как трубы из ПБ-1 вносят свой вклад в охрану окружающей среды – это их применение в работающих на биомассе сетях централизованного теплоснабжения. Биомасса, используемая для прямого нагрева, рекомендована как одно из наиболее экономически выгодных решений для уменьшения выброса CO_2 , приближающих нас к цели, установленной на конференции в Киото.

В 1987 году работающая на биомассе сеть централизованного теплоснабжения была построена в деревне Зайберсдорф (Seibersdorf), Австрия. Она включала центральный бойлер мощностью 2,2 МВт, работающий на соломе, и 9 км трубопроводных сетей из ПБ-1. Солома, используемая в качестве топлива, растет вокруг деревни. Рабочая температура подающих трубопроводов составляет 90°C , обратных – около 60°C .

Способность ПБ-1 работать при высоких температурах сделала его наиболее подходящим материалом для данного применения. Весь монтаж системы потребовал не более 10 недель благодаря простой, безопасной и быстрой технологии, разработанной нашими клиентами. Укладка труб была фактически осуществлена фермерами, в то время как квалифицированный рабочий выполнил соединения [11].

Новое поколение ПБ-1 может улучшить экологический баланс. Этому способствуют и более эффективная технология

его производства, и улучшенные характеристики, позволяющие снизить толщину стенки трубы.

Существуют и другие примеры того, как ПБ-1 вносит вклад в улучшение экологической обстановки. Более подробную информацию Вы сможете найти на сайте www.pbpsa.com.

Взгляд назад: «Новое поколение»

Basell изучает возможности новой технологии производства ПБ-1. Свойства материалов нового поколения ПБ-1 можно считать отправной точкой будущих исследований. Basell продолжит работу по улучшению характеристик материала для удовлетворения особых требований клиентов и рынка, а проводимая нашими клиентами работа по расширению области возможного применения новых труб приведет к постепенной замене традиционных материалов и обеспечит нашим клиентам условия для стабильного роста.

Литература

1. Chatterjee A., Encyclopedia of Polymer Science, chapter "Butene Polymers", ref. to: Natta, Pino, Corradini, Danusso, Mantica, Mazzanti, and Moraglio. – *J. Am. Chem. Soc.* 77, 1708, 1955.

- Engel C., *Polybutylene – The alternative material for heating and domestic hot & cold water systems.* – *Plastics Pipes IX*, 1995.
- Website of the Polybutene Piping Systems Association PBPSA, www.pbpsa.com, 2003.
- Schemm F., et al; *Polybutene-1 Piping Systems: Material-specific Properties and Typical Applications.* – *Wiesbadener Rohrtage 2002*.
- Johansson D., *Hydrostatic pressure testing – Pressure testing according to ISO 1167 of the pipe grade PB 4237 from Basell Polyolefins.* – *Bodycote Polymer AB, Final Report*, 2003.
- Johansson D., *Standard Extrapolation Method (SEM) – SEM-evaluation according to ISO 9080:2003 (E) of the pipe grade PB 4237 from Basell Polyolefins.* – *Bodycote Polymer AB, Preliminary Report*, 2003.
- Website of the Polybutene Piping Systems Association PBPSA, www.pbpsa.com, case history of Georg Fischer Building Technology, 2003.
- Website of the Polybutene Piping Systems Association PBPSA, www.pbpsa.com, 2003.
- Website of the Polybutene Piping Systems Association PBPSA, www.pbpsa.com, case history of Georg Fischer Building Technology, 2003.
- H. Kaufer et al., *Vergleichende normierende Bewertung der Umweltanalyse von Trinkwasserinstallationssystemen*, TU Berlin, 1994.
- Website of the Polybutene Piping Systems Association PBPSA, www.pbpsa.com, case history of Flexalen Trading GmbH & Co. KG, 2003.



**Балт
ПРОЕКТ**
санкт-петербург

На шаг впереди конкурентов!

Оборудование для бестраншейного ремонта и прокладки сетей



Промывка сетей



Сварка п/э труб



ГВ-инспекция



Бурение



Разрушители труб:

PIPEBURSTER T30	40-200 мм
T40	50-315 мм
T65	60-355 мм
T85	60-450 мм
T125	75-520 мм
T175	90-710 мм
T350	150-1400 мм

* - НОВИНКА

ООО "БАЛТПРОЕКТ"
(812) 327-11-55, 542-85-55

SCANDINAVIAN TOOL DIG CENTRE

www.baltproject.spb.ru