

УДК 678.742.21

И.И. Салахов¹, e-mail: SalahovII@nknh.ru; Н.М. Шайдуллин¹, e-mail: ShaydullinNM@nknh.ru; М.Г. Фатыхов¹, e-mail: FatyhovMaG@nknh.ru;В.Р. Латфуллин¹, e-mail: LatfullinVR@nknh.ru; А.Г. Сахабутдинов¹, e-mail: SahabutdinovAG@nknh.ru¹ ПАО «Нижнекамскнефтехим» (Нижнекамск, Россия).

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НАРУЖНЫХ ПОКРЫТИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗО- И НЕФТЕПРОВОДОВ

В статье рассмотрены технологии получения полиэтилена, применяющегося в качестве наружного слоя антикоррозионного трехслойного покрытия для металлических стальных труб. В настоящее время на территории Российской Федерации в рамках импортозамещения проводится активное внедрение отечественных марок полиэтилена, в связи с чем особую актуальность приобрела задача совершенствования качества покрытий на их основе. На сегодняшний день наиболее широкое распространение получило трехслойное полиэтиленовое покрытие, что связано как с его высоким качеством, так и с климатическими особенностями. Требования к полиэтилену и покрытию на его основе регламентируются ГОСТ Р 51164-98, ГОСТ Р 52568-2006, а также отраслевой нормативной документацией, в которой прописаны такие требования к полиэтиленовым покрытиям, как технологичность переработки на высокоскоростных линиях нанесения покрытия, прочностные, морозостойкие, теплостойкие и термостойкие свойства, стойкость к растрескиванию, стойкость к проколу и раздиру. Высокого качества материала можно добиться путем сополимеризации этилена с α -олефинами, а также путем изготовления композиции, состоящей из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) и различных модификаторов его свойств.

В статье проанализирован российский рынок изоляционных марок полиэтилена, их свойства и технологии получения. Подробно описана отечественная марка полиэтилена РЕ6146КМ, который производится с применением технологии получения бимодального полиэтилена путем газофазной сополимеризации этилена с α -олефинами. При необходимости полиэтилена РЕ6146КМ можно модифицировать на стадии экструзии/ компаундирования.

Ключевые слова: полиэтилен, антикоррозионное покрытие, изоляция стальных магистральных трубопроводов, трехслойное изоляционное покрытие, полиэтиленовая композиция, изоляционная марка полиэтилена, бимодальный саженаполненный полиэтилен, газофазная полимеризация этилена.

Территориальный охват Российской Федерации определяет специфику магистральной трубопроводной инфраструктуры нефтегазовой отрасли, а именно удаленность природных месторождений от потребителей [1] (протяженность магистральных трубопроводов составляет: нефтепроводов –

около 50 тыс. км, газопроводов – 150 тыс. км, нефтепродуктопроводов – 20 тыс. км [2]). Кроме того, Россия расположена в четырех климатических поясах, что обуславливает необходимость применения различных типов изоляции. В то же время наличие экстремальных климатических условий обуславливает

сложности, возникающие при строительстве и эксплуатации трубопроводов [3], а также необходимость проведения значительных объемов работ по капитальному ремонту трубопроводов. По данным [2], в России суммарная протяженность трубопроводов, требующих замены, составляет около 34 тыс. км.

Современный рынок предлагает широкий выбор антикоррозионных покрытий для защиты стальных магистральных нефтегазопроводов от коррозии. К таким покрытиям относятся эпоксидные, полиуретановые, полиэтиленовые и ряд других [4]. Выбор покрытия при строительстве магистральных трубопроводов определяется необходимостью обеспечения гарантированного срока службы и зависит от диаметра труб, температуры транспортируемого продукта, климатических условий эксплуатации, специфики строительных работ (способа укладки труб), технологических параметров нанесения (производительностью оборудования и т. д.) и ряда других факторов [5]. При этом очевидно, что качественная антикоррозионная защита позволяет существенно снизить риски и аварийность при прокладке и эксплуатации трубопроводов.

Все перечисленное обуславливает необходимость применения качественных изоляционных покрытий и объясняет, почему в России одни из самых высоких в мире требований к антикоррозионной защите. Основными российскими стандартами для магистральных трубопроводов являются ГОСТ Р 51164-98 «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии» и ГОСТ Р 52568-2006 «Трубы стальные с защитными наружными покрытиями для магистральных газонефтепроводов. Технические условия».

Кроме того, разработаны отраслевые требования, представляющие собой нормативные документы для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ПАО «Газпром» и ПАО «Транснефть», а именно: СТО Газпром 2-2.3-130-2007 «Технические требования к наружным антикоррозионным полиэтиленовым покрытиям труб заводского нанесения для строительства, реконструкции и капитального ремонта подземных и морских газопроводов с температурой эксплуатации до 80 °С» и ОТТ

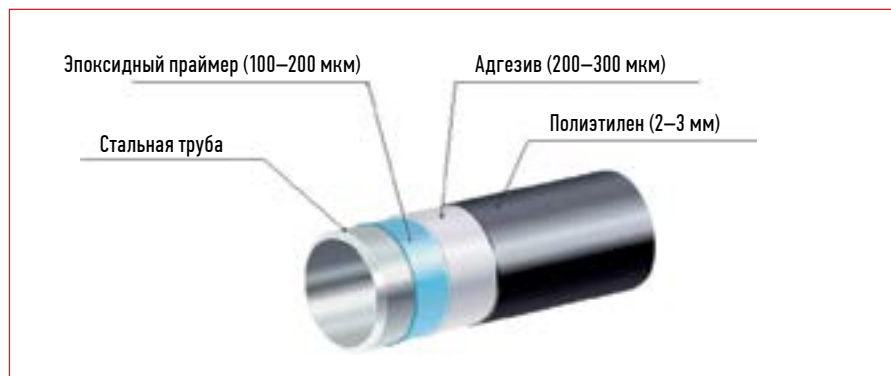


Рис. 1. Схема трехслойного изоляционного покрытия

25.220.60-КТН-103-15 «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Заводское полиэтиленовое покрытие труб. Общие технические требования». Данные требования разработаны с учетом международных стандартов и конкретизируют предъявляемые требования качества. Стоит отметить, что при разработке нормативной документации на трубных заводах РФ приоритет отдается именно отраслевым нормам [6].

На сегодняшний день в России для строительства трубопроводов наиболее широкое распространение получило заводское защитное трехслойное полиэтиленовое антикоррозионное покрытие труб [4]. Данный тип покрытий характеризуется низкой проницаемостью для кислорода и паров воды, технологичностью нанесения, высокой прочностью, стойкостью к ударам и проколам, эластичностью в широком диапазоне температур. Оно состоит из трех последовательно наносимых полимерных слоев (рис. 1):

- слоя эпоксидного праймера, представляющего собой смесь эпоксидной смолы, отвердителя, пигмента, наполнителей, тиксотропной и поверхностно-активной добавок. Толщина слоя, как правило, составляет 100–200 мкм в случае порошковых и 50–100 мкм в случае жидких эпоксидных красок. Данный слой обеспечивает защиту от кислорода, стойкость покрытия к катодному отслаиванию, повышенную адге-

зию к стали, а также стабильность адгезии в процессе длительной эксплуатации трубопроводов, создавая тем самым основу антикоррозионной защиты. В России широко применяются порошковые эпоксидные материалы таких марок, как Scotchkote 226N/6233P («3М Россия»), Eurokote 712/730 (BS Coatings), ПЭП-0305 (НПК «ПК «Пигмент»), ПЭП-0130 (Ярославский завод порошковых красок), Resicoat R-726LD (AkzoNobel) и др.;

- адгезионного подслоя, представляющего собой термопластичную полимерную композицию на основе полиэтиленов с привитыми группами малеинового ангидрида. Толщина слоя составляет 200–300 мкм и обеспечивает сцепление (адгезию) между наружным полиэтиленовым и внутренним эпоксидным слоем. Он характеризуется повышенными температурами размягчения и плавления, высокими прочностными показателями, что позволяет расширить температурный диапазон применения заводских покрытий до 80 °С и существенно повысить их адгезионные характеристики. В России используются импортные адгезивы марок Orevac 18342N (Arkema), Borcoat ME 0420 (Borealis AG), Glusin A015E (KPIC), Lucalen A 3110M (LyondellBasell), Coesive L8.92.8 (Industrie Polieco-MPB), а отечественные в основном представлены марками «Метален АПЭ-1» (ЗАО «Метаклэй»), «АТИ-06» (ООО «Изоляционные полимерные материалы»), «Армобонд ПЭ-2К» (НПП «Полипластик») и др.;

Таблица 1. Динамика поставок ПЭВП для АКЗ на территорию Российской Федерации в разрезе Марка/Производитель за 2013–2016 гг. (тн/год*)

№ п/п	Марка ПЭВП для АКЗ	Производитель	Объемы поставок по годам, т/год			
			2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Импортные аналоги						
1	Borcoat HE3450	Borealis	53 349	40 291	37 190	19 500
2	HDPE 4206B	Total	13 013	12 206	7301	3440
3	Lupolen 4552D	LyondellBasell	1068	2820	1760	1928
4	Yuhwa Hiden P601	KPIC	6330	8567	552	76
5	Luxene LDPE AM 97	Industrie Polieco-MPB	483	546	462	84
Прочие			7740	7314	9490	4598
Итого импорт, т			81 983	71 744	56 755	29 626
Доля, %			97	73	50	39
Отечественный ПЭВП для АКЗ						
5	Метален ПЭ-1	ЗАО «Метаклэй»	2 500	23 200	54 800**	43 840**
6	PE 6146 KM	ПАО «Нижекамскнефтехим»	–	–	1023	1831
7	Торлен ПЭ-2К-901	НПП «Полипластик»	–	–	н. д.	н. д.
Итого отечественный, т			2 500	23 200	55 823	45 671
Доля, %			3	27	50	61
Итого ПЭВП для антикоррозионной защиты			84 393	94 944	112 578	75 297

* Данные из отчета компании Market Report «Полиэтилен в России – 2016/2017 год» и данные из таможенной статистики.

** Суммарно с адгезивом Метален АПЭ-1 объем поставки в 2015 г. составил 54,8 тыс. т; в 2016 г. – данные с учетом снижения на 20 %.

• наружного полиэтиленового слоя, толщина которого зависит от диаметра труб и типа покрытия и составляет в среднем 2,0–3,0 мм. Наружный полиэтиленовый слой выполняет защитную функцию диффузионного барьера, характеризуется низкой влажностопроницаемостью и обеспечивает механическую защиту при укладке (характеризуется высокой механической, ударной прочностью, стойкостью к продавливанию), обладает отличными диэлектрическими характеристиками [7]. Применение бимодального ПЭВП позволяет в несколько раз повысить механическую прочность трехслойного покрытия, увеличить его стойкость к удару, к продавливанию, причем в широком интервале температур. Трехслойное покрытие не имеет ограничений по диаметрам труб и может применяться для строительства трубопроводов различного назначения, эксплуатируемых в диапазоне температур от –45 до 80 °С.

По итогам 2016 г. ООО «Маркет Репорт» оценило внутренний рынок полиэтилена (суммарно ПЭВП и полиэтилен низкой плотности (ПЭНП)) для производства экструзионного покрытия стальных труб для антикоррозионной защиты на уровне 70–75 тыс. т/год. После периода роста в 2012–2015 гг. этот сегмент в 2016 г. снова показал снижение – на 34 %. Пик спроса на ПЭВП и ПЭНП в данном сегменте отмечался в 2015 г. и составил более 110 тыс. т. До 2012 г. данный сегмент рынка полностью зависел от импортных поставок. В 2015 г. объемы внешних поставок сократились до 56,8 тыс. т за счет роста объемов собственного производства. В 2016 г. зафиксировано очередное снижение импорта полиэтилена для экструзионного покрытия стальных труб большого диаметра – до 29,6 тыс. т. Крупнейшим внешним поставщиком полиэтилена в сегменте переработки традиционно является компания Borealis, объемы импорта полиэтилена которой в 2016 г. составили 19,5 тыс. т,

что почти в 2 раза меньше показателя 2015 г.

На сегодняшний день в качестве наружного слоя используются следующие саженаяполненные марки ПЭВП: Borcoat HE 3450 (Borealis AG), HDPE 4206 B (Total Petrochemical), Yuhwa Hiden P 601 Kubl R (KPIC), Lupolen 4552 D (LyondellBasell), Luxene LDPE AM 97 (Industrie Polieco-MPB) и др. Отечественные материалы представлены тремя отечественными производителями следующих саженаяполненных марок ПЭВП: «Метален ПЭ-1» (ЗАО «Метаклэй»), «PE 6146KM» (ПАО «Нижекамскнефтехим») и «Торлен ПЭ-2К-901» (НПП «Полипластик»).

Как уже отмечалось, до недавнего времени потребность в полиэтилене для экструзионного покрытия стальных труб большого диаметра удовлетворялась в основном за счет внешних поставок. Первым среди российских производителей в данный сегмент вышло ЗАО «Метаклэй», к концу 2015 г. нарастившее присутствие на профильном рынке до 50 %.

Таблица 2. Характеристики изоляционных марок полиэтилена [8–12]

№ п/п	Технический показатель	Метод испытания	PE6146KM (ПАО «Нижнекамскнефтехим»)	Borcoat HE3450* (Borealis, Финляндия)	4206B (Total*, Франция)	Lupolen 4552D* (LyondellBasell, Италия)	YUHWА HIDDEN P601 KUBLR* (KPIС, Корея)	Метален ПЭ-1 (ЗАО «Метаклэй»)
1	Градиентная плотность, г/см ³	ASTM D 1505	0,948	0,949**	0,953	0,956	0,949	0,950–0,952
2	ПТР при 2,16 кг/190 °С, г/10 мин	ASTM D 1238	0,5	0,5	0,4	0,3	0,43	0,5–0,7
3	Температура размягчения по Вика, °С	ASTM D 1525	118	115	122	124	121	≥115
4	Температура хрупкости, °С	ГОСТ 16783	≤ минус 70	< минус 80	-	< минус 70	< минус 70	≤ минус 70
5	Предел текучести при растяжении при (20 ± 5 °С), МПа	ГОСТ 11262	20	20	20	-	-	18
6	Предел прочности при разрыве при (20 ± 5 °С), МПа	ГОСТ 11262	27	>26	-	36	-	≥24
7	Относительное удлинение при разрыве при (20±5 °С), %	ГОСТ 11262	800	>600	>600	>700	>600	>700
8	Относительное удлинение при разрыве при (-45 ± 3 °С), %	ГОСТ 11262	180	180**	-	-	-	≥100
9	Содержание сажи, %	ISO 6964	2,2	>2,0	>2,0	2,2	2,3	≥2,0
10	Температура плавления, °С	DSC	130	128	-	130	131	-
11	Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом•см	ГОСТ 6433.2	1016	1016	-	1016		≥1015
12	Стойкость к растрескиванию, ч	ASTM D 1693	>5000	>5000	>1000	>1000	>5000	>5000

* Данные спецификации.

** Данные ПАО «Нижнекамскнефтехим».

В 2015 г. к серийному промышленному производству изоляционной марки бимодального полиэтилена высокой плотности PE6146KM приступило ПАО «Нижнекамскнефтехим».

Анализ спецификаций [8–12] и характеристик изоляционных марок ПЭ, представленных в табл. 2, показывает, что зарубежные марки Borcoat HE 3450 и HDPE 4206B являются бимодальными полиэтиленами высокой плотности (сополимеры этилена с α-олефинами). Плотность всех марок полиэтилена, применяемых в покрытиях, составляет в среднем 0,948–0,955 г/см³, показатель текучести расплава (ПТР при 2,16 кг/190 °С) равен 0,3–0,6 г/10 мин, температура плавления – на уровне 130 °С. При этом из табл. 2 видно, что все представленные в ней полиэтилены характеризуются высокими физико-механическими (прочность

при разрыве составляет более 24 МПа, относительное удлинение при 20 ± 5 °С – более 700 %), а также морозостойкими свойствами: относительное удлинение при разрыве при –45 °С составляет более 100 %. Следует отметить, что по такому показателю, как относительное удлинение при разрыве при –45 °С, наивысшие значения (180 %) зафиксированы у полиэтилена марки Borcoat HE3450, а также у отечественного полиэтилена PE6146KM. Кроме того, одним из важных критериев качества полиэтилена является стойкость к растрескиванию под действием напряжения окружающей среды (ECSR). Результаты исследований полиэтилена марки PE6146KM показали, что образцы, установленные на испытания ECSR, длительность которых превысила 10 тыс. ч, не растрескались в течение длительного времени. Таким образом, PE6146KM по техническим

характеристикам не уступает импортным аналогам [13].

На сегодняшний день есть два основных способа получения полиэтиленовых композиций для изоляции стальных труб, а именно:

- сополимеризация этилена с α-олефинами с получением би- или мультимодального ПЭВП;
- изготовление композиции (компаундирование), состоящей из ПЭВП и различных модификаторов его свойств, путем смешения компонентов в расплаве в экструдере. Примером второго пути получения композиции является способ, согласно которому ЗАО «Метаклэй» производит изоляционный материал путем модификации базового ПЭВП наноразмерным алюмосиликатом [14].

Примером первого способа является технология, с помощью которой компания Borealis производит изоляционную марку Borcoat HE 3450

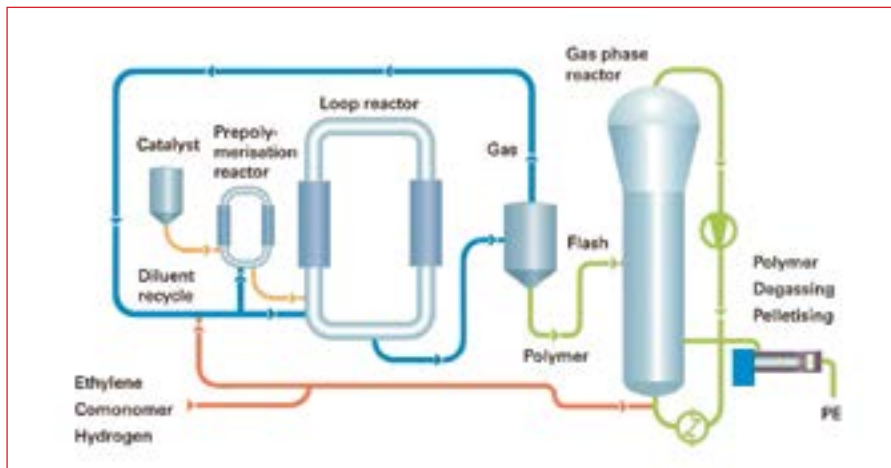


Рис. 2. Принципиальная схема узла полимеризации этилена по технологии Borstar компании Borealis



Рис. 3. Принципиальная схема получения полиэтилена по технологии Spherilene

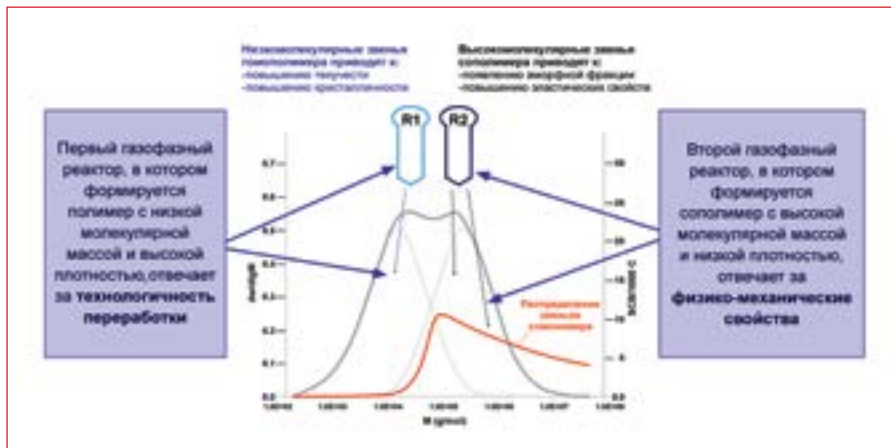


Рис. 4. Бимодальное молекулярно-массовое распределение и его влияние на свойства полиэтилена

на установке непрерывного типа под названием Borstar [15, 16].

Данная установка представляет собой минимум два последовательно соединенных реактора суспензионного и газофазного типа (рис. 2). Наличие двух реакторов позволяет путем регулирования ПТР в реакторах в широком диа-

пазоне варьировать молекулярно-массовое распределение и получать требуемые свойства полиэтилена.

Установка Spherilene, которая эксплуатируется ПАО «Нижнекамскнефтехим», также представляет собой двухреакторную каскадную систему непрерывного типа

(рис. 3), при этом основным отличием в аппаратном оформлении от технологии Borstar является использование в качестве первого аппарата газофазного реактора. Газофазные реакторы на установке Spherilene представляют собой расширяющиеся в верхней части вертикальные цилиндрические аппараты с решеткой в нижней части. Процесс полимеризации протекает в псевдооживленном слое за счет подачи реакционного газа под слой порошка полимера. Катализатор подается только в первый реактор, реакционные газы – в оба реактора. Известно, что титан-магниевые катализаторы, используемые в производстве полиолефинов, весьма чувствительны к каталитическим ядам, поэтому для исключения их попадания в процесс сырье (этилен, водород, сомономер, инертный газ) проходит предварительную дополнительную очистку на специальных высокоэффективных так называемых полировочных катализаторах. Водород в процессе полимеризации этилена используется для регулирования ПТР, а сомомеры (бутен-1 или гексен-1) – для получения заданной плотности.

В целом для двухреакторных технологий функция первого реактора сводится к формированию низкомолекулярной фракции (НМФ) полиэтилена, т. е. в нем происходит процесс полимеризация этилена с получением гомополимера с высокими ПТР и плотностью. Далее порошок полимера из первого реактора переходит во второй, где происходит дальнейшая полимеризация мономеров на активных центрах катализатора. Во втором газофазном реакторе протекает сополимеризация этилена с α -олефинами с образованием высокомолекулярной фракции (ВМФ) полиэтилена, т. е. полимера с низкими ПТР и плотностью. Подбор оптимальных условий процесса, а именно смешение низкомолекулярной и высокомолекулярной фракций в определенном сочета-

нии позволяет получать продукт с заданными характеристиками. Поскольку доли фракций, формируемых в двух реакторах, примерно равны, вид кривой молекулярно-массового распределения (ММР) является бимодальным, а суммарное ММР продукта – широким (рис. 4).

Бимодальное ММР полиэтилена позволяет сочетать в себе высокую технологичность и скорость переработки, улучшенную прочность расплава, низкую степень усадки, а также высокие физико-механические свойства, а именно стойкость к растрескиванию под напряжением и в агрессивной среде в широком диапазоне температур, стойкость к истиранию, раздиру, вдавливанню и, что особенно важно, к удару при низких температурах. Поэтому значимыми параметрами, определяющими свойства ПЭ, являются как молекулярно-массовые характеристики, так и тип сомономера (α -олефина) и его содержание в составе полиэтилена, плотность,

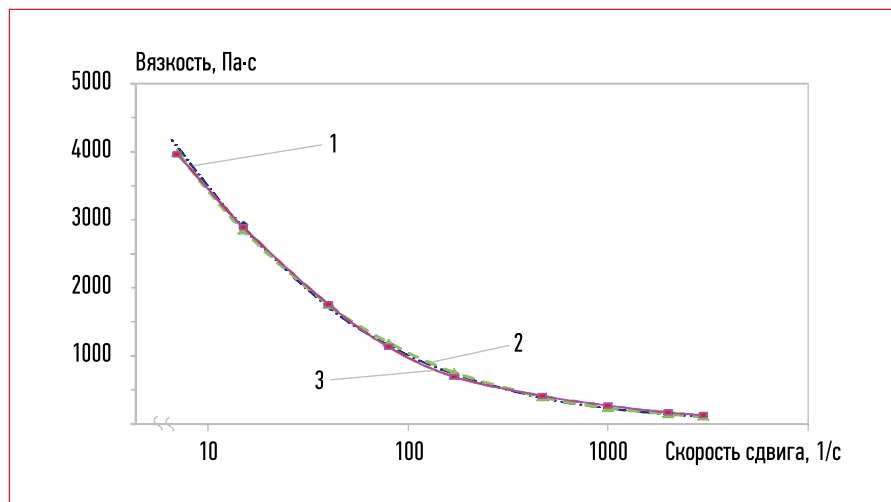


Рис. 5. Реологические кривые образцов полиэтилена:

1 – импортный полиэтилен; 2 – импортный полиэтилен; 3 – РЕ 6146KM

кристалличность и вязкостные характеристики полимера. Синтезированный в газофазных реакторах базовый полимер в виде порошка проходит стадию дегазации, где происходит отделение порошка ПЭ от газов, затем продукт проходит обработку паром и осушку азотом. Далее на стадии экструзии/компаундирования базовый полимер гомогенизируется путем смешения, и в порошок ПЭ для стабилизации полимера вводятся технологические добавки (антиоксиданты, термостабилизаторы, антациды, концентрат технического углерода, модификаторы и т. д.), в результате чего получается про-

дукт. В процессе производства базовый полимер гомогенизируется путем смешения, и в порошок ПЭ для стабилизации полимера вводятся технологические добавки (антиоксиданты, термостабилизаторы, антациды, концентрат технического углерода, модификаторы и т. д.), в результате чего получается про-

СТАЛЬНЫХ ТРУБ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

ВНУТРЕННЯЯ И НАРУЖНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ



ООО «ЮКОРТ» ОКАЗЫВАЕТ СЛЕДУЮЩИЕ ВИДЫ УСЛУГ:

- нанесение наружного двух-, трехслойного антикоррозионного покрытия на основе экструдированного полиэтилена на трубы диаметром 89–720 мм;
- нанесение внутреннего антикоррозионного покрытия на основе высоковязких материалов на трубы диаметром 114–720 мм;
- нанесение внутреннего и наружного антикоррозионного покрытия на основе порошковых эпоксидных композиций на СДТ приварные диаметром 57–219 мм;
- нанесение наружного антикоррозионного покрытия на основе эпоксидных и полиуретановых композиций на запорную арматуру и СДТ диаметром до 1420 мм;
- изготовление кривых холодного гнутья диаметром 108–530 мм с наружным и/или внутренним антикоррозионным покрытием и без покрытия;
- изготовление гнутых отводов с нагревом ТВЧ диаметром 89–426 мм;
- изготовление и антикоррозионная изоляция стальных свай, погружаемых в грунт, а также крупноформатных сварных изделий и крановых узлов.

Продукция ООО «ЮКОРТ» сертифицирована в системе добровольной сертификации ГОСТ Р. Система менеджмента качества ООО «ЮКОРТ» соответствует требованиям стандарта ISO 9001.



Таблица 3. Свойства полиэтилена PE6146KM до и после переработки в покрытие

№ п/п	Наименование показателя	Характеристики полиэтилена	Свойства полиэтиленового покрытия на основе PE6146KM	
			Требования к покрытию	Свойства покрытия
1	Прочность при разрыве, МПа	27,0	–	26,5
2	Относительное удлинение при разрыве при 23 °С, %	810	–	800
3	Относительное удлинение при разрыве при –45 °С, %	180	Не менее 100	178
4	Температура хрупкости, °С	Менее –70	Не более –70	Менее –70
5	Период индукции поглощения кислорода при температуре 200 °С и потоке кислорода 100 мл/мин • исходная композиция, мин • изменение периода индукции после 500 ч старения на воздухе при температуре 120 °С, %	185 при норме не менее 80 11 при норме не более 50	Не менее 80 Не более 50	>150 <20
6	Снижение показателя текучести расплава после испытаний на грибовстойкость, %	–	Не более 20	12
7	Изменение показателя текучести расплава, в % от исходного значения после выдержки на воздухе при температуре (110 ± 3 °С) в течение 1000 ч, %	–	Не более 25	5–10
8	Снижение относительного удлинения при разрыве после выдержке на воздухе при температуре (110 ± 3 °С) в течение 1000 ч, %	–	Не более 25	10±15
9	Устойчивость покрытия к термоциклированию, количество циклов без отслаивания и растрескивания от минус (60 ± 3) до плюс (20 ± 5) °С	–	Не менее 10	>10

дукт в виде готовых гранул. На установке Spherilene ПАО «Нижекамскнефтехим» функционируют две линии экструзии (рис. 3): на первой выпускается натуральный полиэтилен, на второй – окрашенная саженая композиция. Следует отметить, что ПАО «Нижекамскнефтехим» освоил оба способа получения полиэтиленовых композиций для изоляции стальных труб: путем синтеза в газофазных реакторах с получением порошка бимодального ПЭВП и окрашиванием на линии получения саженая композиций и путем компаундирования базового полимера ПЭВП (натуральных гранул) модифицирующими добавками. Оба способа, реализованные при использовании специальных технических решений, позволяют выпускать полиэтиленовые композиции высокого качества с требуемыми характеристиками, заложенными в отраслевых стандартах. Сравнение реологических характеристик полиэтилена показало (рис. 5), что течение вязкости композиции PE6146KM схоже с те-

чением импортных материалов и подтверждает близкое поведение при переработке в покрытие. Это очень важно, поскольку нанесение полиэтиленового покрытия является сложным многостадийным процессом, сопровождающимся нагревом полимера в экструдере, подачей горячего расплава на плоскощелевую (кольцевую) головку, наложением покрытия на горячую трубу и его охлаждением. При этом полимер при переработке подвергается существенной деформации, заключающейся в ориентации материала (особенно на высокоскоростных линиях), выходящего из головки экструдера.

В табл. 3 приведены результаты переработки полиэтилена PE6146KM в диапазоне температур переработки 200–240 °С в покрытие. Как видно из таблицы, при указанных условиях переработки свойства покрытия на основе PE6146KM существенно не изменяются, физико-механические характеристики материала сохраняются. Покрытие не отслаивается и не трескается при воздействии широкого диапазона отрицательных

и положительных температур, т. е. устойчиво к термоциклированию. Длительные испытания покрытия под действием высоких температур показали высокую термостабильность материала. Качество покрытия подтверждено положительными заключениями, полученными от ООО «НИИ Транснефть», и заводскими аттестованными испытательными лабораториями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ПАО «Нижекамскнефтехим» разработана технология получения полиэтилена для наружного покрытия магистральных трубопроводов, основанная на технологии получения бимодального полиэтилена путем газофазной сополимеризации этилена с α -олефинами и компаундирования. Разработанный способ получения позволяет крупнотоннажно выпускать саженая композиционный полиэтилен марки PE 6146KM, обладающий хорошей технологичностью нанесения, высокими физико-механическими, тепло- и морозостойкими свойствами и не уступающий зарубежным аналогам.

Литература:

1. Калмыков А.С. Современные тенденции развития мировой энергетики и роль магистрального трубопроводного транспорта России // Вестник Бурятского гос. ун-та. 2013. № 14. С. 153–157.
2. Гладких И.Ф. Разработка нового класса изоляционных материалов для защиты от коррозии подземных газонефтепроводов, обладающих повышенной химической адгезией: дис. ... д-ра техн. наук. Уфа, 2004. 24 с.
3. Гиззатуллин Р.Р. Усовершенствование методов защиты магистральных трубопроводов от коррозии в трассовых условиях на основе разработанных новых изоляционных материалов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Уфа, 2004. 4 с.
4. Низьев С.Г. О противокоррозийной защите магистральных и промысловых трубопроводов современными полимерными покрытиями // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2009. № 10. С. 34–43.
5. Сазонов А.П., Петрусенко Е.В., Латышев А.В. Аттестация полиэтиленовых композиций при производстве труб с заводским покрытием для ОАО «Газпром» // Коррозия «Территории «НЕФТЕГАЗ». 2014. № 1. С. 52–54.
6. Низьев С.Г. Современные материалы и покрытия, используемые для антикоррозийной защиты магистральных нефтепроводов // Коррозия «Территории «НЕФТЕГАЗ». 2007. № 2. С. 4–12.
7. Иоффе А.А. Отечественные материалы для заводской полиэтиленовой изоляции стальных труб // Полимерные трубы. 2015. № 2 (48). С. 52–54.
8. Polyethylene Vorcoat HE3450 [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.borealisgroup.com/Global/Polyolefins/10/03/60/10036086.PDF (дата обращения: 28.09.2017).
9. Polyethylene HDPE 4206B [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://leuna.ru/images/PE/TDS_HDPE4206B_E.pdf (дата обращения: 28.09.2017).
10. Lupolen 4552 D SW00413 [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.simplexnn.ru/file/0004/2378/lp_4552dsw.pdf (дата обращения: 28.09.2017).
11. HDPE [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.kpic.co.kr/hp/en/product/polymer/pol_grade.asp?grade=P601%20KUBLR&pm_cd=2A00 (дата обращения: 28.09.2017).
12. Монослойное ПЭ антикоррозионное покрытие Метален ПЭ-21 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.metaclay.ru/produkcziy/izolyacziya-dlya-trub/monoslojnoe-polietilenovoe-antikorroziionnoe-pokryitie-metalen-pe-21> (дата обращения: 28.09.2017).
13. Патент 2599574 С1 РФ. Полиэтиленовая композиция для наружного слоя покрытий стальных труб / В.М. Бусыгин, А.Ш. Бикмурзин, Х.Х. Гильманов и др.; заявитель и патентообладатель – ПАО «Нижнекамскнефтехим». № 2015139657/04; заявл. 17.09.2015; опубл. 10.10.2016. Бюл. № 28.
14. Патент 2520434 С1 РФ. Способ очистки немодифицированного бентонита на основе монтмориллонита / С.В. Штепа, Ф.Н. Бахов, Н.В. Скоробогатов; заявитель и патентообладатель – ЗАО «Метаклэй». № 2013115194/05; заявл. 05.04.2013; опубл. 27.06.2014. Бюл. № 18.
15. Патент 2147310 С1 РФ. Полиэтиленовая композиция / Али Харлин, Аймо Сахила, Вели Килпеляйнен, Андерс Ньюмарк; заявитель и патентообладатель – «Бореалис Полимерс Ой» (FI). № 97111881/04; заявл. 08.12.1995; опубл. 10.04.2000. Бюл. № 10.
16. Infrastructure Pipe Systems [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.borealisgroup.com/en/polyolefins/pipes-fittings/infrastructure-pipe-systems/ (дата обращения: 28.09.2017).

Защита от коррозии

- подземных трубопроводов (нефте-, газо-, водопроводов)
- подземных резервуаров
- иных подземных металлоконструкций



- ЛИТКОР
- ЛИТКОР-НИ
- ЛИТКОР-НИ-АРМ
- ПИРМА
- РУИЗ-АРМ
- ЛИТКОР КМ

- Просто
- Быстро
- Надежно