

Влияние характеристик технического углерода на свойства концентратов полиэтиленового компаунда и труб на его основе

И.И. САЛАХОВ¹, Е.В. КАЛУГИНА², Г.В. МОИСЕЕВСКАЯ³, И.И. МАСЛЕНИКОВ³,
Д.В. КАМАЕВ⁴, И.Ф. ЗАКИРОВ¹, М.Г. ФАТЫХОВ¹

¹ ПАО "Нижнекамскнефтехим"

² ООО "Группа ПОЛИПЛАСТИК"

³ "Омск Карбон Групп"

⁴ ООО "Камский завод полимерных материалов"

Kalugina@polyplastic.ru

В статье представлены результаты исследовательской работы, проведенной специалистами предприятий: ПАО "Нижнекамскнефтехим", ООО "Группа ПОЛИПЛАСТИК", Омск Карбон Групп, ООО "Камский завод полимерных материалов". Изучены новые специальные марки технического углерода, их физико-химические показатели, результаты испытаний отечественных концентратов технического углерода и трубного полиэтилена, изготовленного с использованием серийных и опытных концентратов технического углерода в сравнении с импортными аналогами, динамика влагопоглощения полиэтилена, наполненного разными типами концентратов технического углерода. Показано, что новые марки технического углерода Р-типа производства Омск Карбон Групп аналогичны по комплексу свойств импортному углероду, а полимерные концентраты на их основе обладают близкими характеристиками с зарубежным продуктом. Полиэтилен высокой плотности, содержащий в своем составе марку OMCARB P72, характеризуется улучшенным распределением углерода, пониженной способностью к влагопоглощению и высокими физико-механическими свойствами, а трубы на его основе соответствуют требованиям нормативной документации.

Ключевые слова: технический углерод, концентрат технического углерода, полиэтилен высокой плотности.

The article presents the results of research work carried out by the specialists of the enterprises: "Nizhnekamskneftekhim", "POLYPLASTIC Group", Omsk carbon Group & "Kama plant of polymeric materials". Examined the new special grades technical carbon, their physical and chemical characteristics, the results of the tests of domestic concentrates of technical carbon and polyethylene pipe manufactured using serial and experimental concentrates of technical carbon in comparison with the import-analogues. The dynamics of moisture absorption of the polyethylene, filled with different types of concentrata carbon black were investigated. It is shown that the new carbon black grades P-type of production of the Omsk carbon Group of the similar complex of properties of the imported carbon. High-density polyethylene containing in its composition a brand OMCARB P72, is characterized by improved distribution of carbon, a reduced capacity for moisture absorption and high physical-mechanical properties.

Keywords: carbon black, carbon black concentrate, high-density polyethylene.

Введение

В химических отраслях промышленности одной из важных и широко применяемых добавок является технический углерод (ТУ). ТУ позволяет эффективно окрашивать материалы, улучшать их атмосферостойкость, а также повышать антистатические, электропроводящие, физико-механические и другие характеристики изделий.

Существует несколько способов получения ТУ: печной, канальный, ламповый, термический и ацетиленовый. Наиболее распространен печной способ (~96% объема выпуска), позволяющий в строго регулируемых условиях процесса получать ТУ с заданными свойствами. Печной ТУ представляет собой высокодисперсный продукт термоокислительного разложения углеводородов в турбулентном потоке в закрытой системе и является материалом сложного строения. Наименьшей дисперсной единицей его является первичный агрегат, состоящий из сфероидных частиц, на поверхности которых могут находиться функциональные группы: карбоксильные, фенольные, хинонные и др. (рис. 1). Основными параметрами ТУ являются дисперсность (оценивается показателями: адсорбция азота, йода, фенола и др.) и структурность. Чем больше степень агрегации частиц, тем выше структурность ТУ, характеризующая абсорбцией масла.

Введение ТУ в определенных дозировках улучшает эксплуатационные характеристики резинотехнических изделий и полимерных материалов.

Использование ТУ, применяемого при усилении резин (по ASTM D1765-10), для наполнения полимеров затруднено ввиду сложности его диспергирования в расплаве полимера из-за высокой вязкости расплава, поэтому для пластмасс применяют специальные типы ТУ.

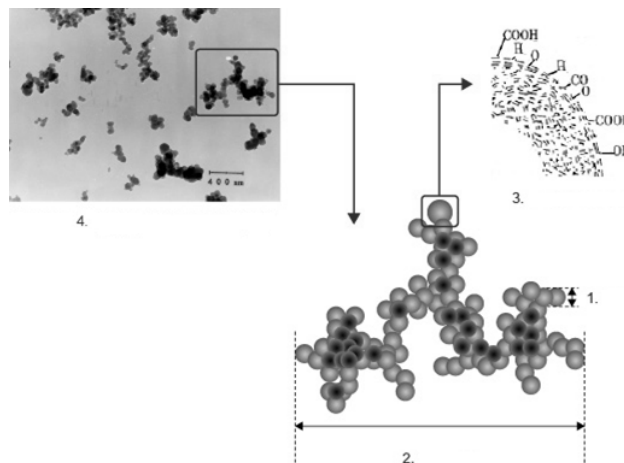


Рис. 1. Схема, поясняющая сложность строения технического углерода. 1 – первичная частица; 2 – первичный агрегат; 3 – кислородные группы на поверхности частиц; 4 – микрофотография технического углерода [1].

Известно [2], что марки ТУ, обладающие высокой красящей способностью и укрупненностью, придают изделиям из полимерных материалов долговременную светостойкость. Для защиты пластмасс от ультрафиолетового (УФ) излучения наиболее подходящим является ТУ со средней дисперсностью частиц и высокой скоростью диспергирования.

ТУ является гигроскопичным материалом [3]. Способность поглощать влагу зависит от размера частиц, наличия примесей. Количество поглощенной влаги зависит от сорбционной способности и условий хранения. Повышенное содержание влаги приводит к комкованию гранул ТУ, что в

дальнейшем затрудняет его введение и диспергирование в расплаве полимеров.

На практике для окрашивания пластмасс техническим углеродом, как правило, сначала получают "черные" концентраты (КТУ) на базе полимерных материалов, для введения в которые они предназначены, например, на основе полиолефинов, содержащие 30-50 % ТУ. КТУ вводят в полимеры на стадии компаундирования или литья под давлением.

Степень наполнения КТУ зависит от свойств ТУ, а именно, укрывистости, дисперсности и способности к диспергированию: так, например, при использовании ТУ высокодисперсной марки N220 и среднедисперсной марки N330 стандартное наполнение концентрата составляет 40 мас. %, а при изготовлении КТУ на низкодисперсных марках ТУ N550, N772 можно получить 50–60% наполнение при значительной потере в укрывистости и, как следствие, светостойкости окрашенного полимерного материала [4].

Согласно мировой практике в составе рецептур КТУ для трубных марок полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) используются специальные марки ТУ Р-типе, которые до начала 2017 г. в РФ не производились.

В 2017 году крупнейшим в России производителем ТУ Омск Карбон Групп на производственной площадке ООО "Омсктехуглерод" введены в серийное производство две новые марки ТУ для производства трубных марок КТУ. Получение на предприятии трубных марок ТУ потребовало решения сложных технологических задач: тщательной подготовки сырьевых емкостей и систем подачи, использования специального чистого сырья, изменения технологического режима, использования новых гранулирующих добавок, исключающих появление запаха при переработке ТУ.

На ООО "Камский завод полимерных материалов" провели тестирование одной из новых марок ТУ OMCARB P72 при производстве 40% КТУ. В серийном производстве ПАО "Нижнекамскнефтехим" нарабатывали опытно-промышленную партию трубного полиэтилена PE100 марки PE6949C с добавлением этого концентрата. Промышленные испытания материала провели при серийном производстве труб на Климовском трубном заводе ООО "Группа ПОЛИПЛАСТИК", испытания комплекса свойств в аккредитованном испытательном центре.

В лаборатории НИИ ООО "Группа ПОЛИПЛАСТИК" изготовили и протестировали лабораторный образец КТУ с применением ТУ OMCARB P108 при введении в неокрашенный ПЭВП марки PE6948C.

Табл. 1. Требования к физико-химическим показателям ТУ.

Марка ТУ	J, мг/г (ASTM D 1510)	OAN, см ³ /100г (ASTM D 2414)	NSA, м ² /г (ASTM D 6556)	Tint, % (ASTM D 3265), н/м	Остаток на сите, % (ASTM D 1514), н/б			Зольность, %, (ASTM D 1506), н/б	М.д. серы, %, (ASTM D1619), н/б	Потери при 125°C, %, (ASTM D1509), н/б	pH (ASTM D1512)	Насыпная плотность, кг/м ³ (ASTM D1513)	М.д. пыли, %, (ASTM D1508), н/м	Прочность отдельных гранул (ASTM D5230)	
					500 мкм	45 мкм	25 мкм							средн., г, н/б	макс., г, н/б
N220	121±6	114±6	114±6*	-	0,0010	0,0500	-	1,0	1,1*	1,5	6-10	355±30	12,0	50	90
OMCARB P108	125±5	100±5	108±5*	106	0,0000	0,0020	0,0040	0,15	0,1	1,0	7-11	н/м 365	10,0	30	50
N330	82±6	102±6	78±6*	-	0,0010	0,0500	-	1,0	1,1*	1,5	6-10	380±30	12,0	50	90
OMCARB P72	82±5	100±5	72±5*	96	0,0000	0,0020	0,0040	0,15	0,1	1,0	7-11	н/м 360	10,0	30	50

Примечание: J – удельная поверхность по адсорбции йода, OAN – абсорбция масла, NSA – удельная поверхность по многоточечной адсорбции азота, Tint – красящая способность.

Цель работы

Исследование возможности замены импортных КТУ на отечественные с применением нового типа ТУ Р-типе в полиэтиленовых компаундах PE100 для производства полимерных труб.

Оценка влияния ТУ Р-типе на гигроскопичность (поглощение влаги) полиэтилена в процессе производства, хранения, транспортировки и переработки в изделие в сравнении с импортными и отечественными марками КТУ общего назначения.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены требования, предъявляемые к двум маркам ТУ трубного назначения, выпускаемым на ООО "Омсктехуглерод" по техническим условиям (ТУ 2166-002-30330211-2012 с изм.1,2), в сравнении с близкими по морфологии серийными: (сравнение ТУ Р-типе с серийным N-типе) OMCARB P108 с N220; OMCARB P72 с N330. Из таблицы 1 следует, что марки ТУ трубного назначения имеют более жесткие нормативы по показателям: отсеивание на сите, зольность, потери при 125°C, прочность гранул, содержание серы и пыли. ТУ для применения в трубах характеризуются более высокой чистотой (отсутствием примесей) и технологичностью (легкотекучая непьющая форма, удобная для дозирования).

В таблице 2 представлены технические характеристики ТУ серийной марки N220, новых марок OMCARB P72 и OMCARB P108, а также импортного ТУ Р-типе. Приведенные данные показывают, что свойства новых марок ТУ OMCARB P72 и OMCARB P108 не уступают импортному образцу.

В сравнении со стандартной маркой N220 обе отечественные марки Р-типе обладают целым рядом преимуществ:

- соответствие требованиям регламентов по пищевому контакту и низкое содержание полициклических ароматических углеводородов (ЕС №10/2011, ЕС №1272/2013) позволит использовать ТУ марок Р-типе при выпуске изделий, контактирующих с пищей, в том числе напорных труб для питьевой воды;
- низкие значения остатка на сите позволят добиться равномерного распределения ТУ в полиэтилене без посторонних включений, оказывающих негативное воздействие на УФ-поглощение и снижающих срок службы изделий;
- низкое содержание золы улучшит качество диспергирования, снизит вероятность появления дефектов и гигроскопичность изделий;

Табл. 2. Показатели качества ТУ производства ООО "Омсктехуглерод" и импортной марки P-type.

№ п/п	Наименование показателей	Метод испытания	P-type (импортный ТУ)	N220	P-type (OMCARB P72)	P-type (OMCARB P108)
1	Средний размер частиц, нм	ASTMD3849 method B*	≤25	≤25	≤25	≤25
2	Внешняя удельная поверхность по азоту (STSA), м ² /г	ASTM D6556	65,5	105,1	72,1	96,6
3	Площадь поверхности по многоточечной адсорбции азота (NSA), м ² /г	ASTM D6556	69,6	113,8	74,1	107,0
4	Адсорбция йода, г/кг	ASTM D1510	80,1	121,0	83,3	124,5
5	Красящая способность, %	ASTM D3265	92,0	120,4	96,7	114,4
6	Абсорбция масла, см ³ /100г	ASTM D2414	102,9	112,5	101,9	101,8
7	Содержание золы, %	ASTMD1506	0,07	0,39	0,08	0,10
8	Содержание серы, %	ASTMD1619	0,06	0,62	0,06	0,06
9	Остаток на сите с сеткой размером 45 мкм, %	ASTMD1514	0,0005	0,0028	0,0003	0,0003
10	Остаток на сите с сеткой размером 25 мкм, %	ASTMD1514	0,0007	-**	0,0006	0,0010
11	Потери массы при нагревании до 125°C, %	ASTMD1509	0,4	0,65	0,35	0,45
12	pH, ед.	ASTMD1512	9,1	7,8	9,5	9,7
13	Светопропускание толуольного экстракта, %	ASTMD1618	99,8	98,3	99,5	99,7

* - При значении STSA ≥65 м²/г, средний размер частиц ≤25 нм

** - Показатель не измеряли

Табл. 3. Свойства КТУ производства ООО "Камский завод полимерных материалов", импортного аналога и лабораторного образца НИИ ООО "Группа ПОЛИПЛАСТИК".

№ п/п	Наименование показателей	Метод испытания	Импортный КТУ	КТУ 40 % ООО «КЗПМ»	КТУ 35 % ООО «КЗПМ»	КТУ 40 % ООО «КЗПМ»	КТУ 40 % НИИ
1	Марка технического углерода	-	P-type (импортный ТУ)	N220	N220	P-type (OMCARB P72)	P-type (OMCARB P108)
2	Массовое содержание ТУ, %	ISO 6964	40	40	35	40	40
3	Полимерная основа	ДСК	ЛПЭНП	ЛПЭНП*	ЛПЭНП*	ЛПЭНП*	ЛПЭНП
4	ПТР (при 21,6 кг; 190 °C), г/10 мин	ASTM D 1238	6,0	1,0	6,1	5,5	3,3
5	Массовая доля летучих соединений**, %	ГОСТ 26359	0,06	0,12	0,10	0,03	0,03
6	Массовая доля серы***, % масс.	ГОСТ 1437	отсутствует.	0,040	0,022	отсутствует.	отсутствует.
7	Фильтр-тест, бар/г (сетка 25 мкм)	DIN EN 13900-5	0,02	0,67	0,46	0,10	<0,05

* - линейный полиэтилен низкой плотности производства ПАО «Нижнекамскнефтехим»

** - входной контроль лаборатории ПАО «Нижнекамскнефтехим»;

*** - с чувствительностью 0,020 % масс.

- сниженное на порядок содержание серы обеспечит отличные органолептические свойства окрашенных пластмасс (в частности, вкус и запах питьевой воды);

- отсутствие специфического запаха при переработке за счет использования специально подобранной гранулирующей добавки и более низкого содержания серы.

Исследования показывают, что эффективность ТУ как светостабилизатора определяется его морфологией, концентрацией и качеством распределения в конечном изделии [5]. Ввиду того, что при производстве КТУ для трубных марок ПЭ использование каких-либо смазывающих и диспергирующих добавок ограничено, определяющими качество готового продукта являются применяемое сырьё и высокотехнологичное оборудование. Новые марки OMCARB P72 и OMCARB P108 отличаются оптимальными характеристиками поверхности, что позволяет получать концентрат с желаемой реологией и отличным качеством распределения при высоком наполнении.

В таблице 3 представлены технические характеристики КТУ производства ООО "Камский завод полимерных материалов" с использованием новой марки ТУ OMCARB P72, серийной марки ТУ N220 и линейного полиэтилена низкой

плотности PE5118QM производства ПАО "Нижнекамскнефтехим" в сравнении с импортным КТУ, а также КТУ с использованием новой марки ТУ OMCARB P108, изготовленной в лаборатории НИИ ООО "Группа ПОЛИПЛАСТИК". Оценка полученных результатов показала, что при равном содержании ТУ (40 % масс.), показатель текучести расплава исследуемых концентратов ниже ПТР импортного КТУ, т.е. тип технического углерода определяет вязкость полимерного красителя. Так, в ряду марок технического углерода при близком ПТР базового ЛПЭНП и одинаковом содержании ТУ, показатель текучести расплава КТУ увеличивается следующим образом: OMCARB P72 > OMCARB P108 > N220. Следует отметить, что величина ПТР зависит от содержания ТУ: чем выше доля ТУ, тем ниже текучесть расплава. Известно, что для лучшего смешения ПЭ с концентратом, требуется, чтобы ПТР концентрата был близок к базовому полимеру. Например, ПТР при 21,6 кг/190°C базового полиэтилена марки PE6949C в зависимости от пожеланий конечного потребителя – переработчика и производителя труб и фитингов – варьируется от 3,5 до 7,0 г/10 мин. Поэтому важно, чтобы ПТР концентрата ТУ попадал именно в этот интервал текучести расплава полиэтилена. При компаундировании ПЭВП

и КТУ с большой разницей ПТР, особенно в сторону более высокой вязкости КТУ, ТУ распределяется в расплаве недостаточно, появляется вероятность, что в грануляте могут оставаться агломераты, которые не удастся разрушить на стадии экструзии трубы.

Качество распределения ТУ оценивают по фильтр-тесту согласно стандарту DIN EN 13900-5 по соотношению давления FPV на калиброванной сетке при экструзии базового полимера и его смеси с КТУ. Так, если фильтр-тест на сетке 25 мкм (FPV) у концентратов на основе марки ТУ N220 составляет $0,46 \pm 0,67$ бар/г, то у новых КТУ в несколько раз ниже: OMCARB P72 – 0,1 бар/г, КТУ на OMCARB P108 – (меньше 0,05) бар/г, что близко к импортному КТУ – 0,02 бар/г.

При анализе методом атомно-эмиссионной спектроскопии в концентратах с импортным ТУ, с OMCARB P108 и OMCARB P72 не обнаружена сера, в то время как в КТУ на ТУ N220 содержание серы 0,022–0,040 % масс., что связано с повышенным содержанием серы в исходном ТУ.

Массовое содержание летучих веществ (по данным технологического контроля при производстве) в КТУ с OMCARB P72 составило 0,03 % масс., что 3–4 раза ниже чем, в КТУ с ТУ N220. Показатель "Содержание летучих веществ" для трубных марок полиолефинов является очень важным.

Тестирование нового КТУ (на ТУ OMCARB P72) проведено при выпуске опытно-промышленной партии полиэтилена РЕ6949С на установке "Сферилен" ПАО "Нижнекамскнефтехим". Установка "Сферилен" представляет собой двухреакторную каскадную систему непрерывного типа, в которых проводится сополимеризация этилена (с альфа-олефинами). На установке "Сферилен" ПАО "Нижнекамскнефтехим" функционирует 2 линии экструзии: на первой выпускается натуральный полиэтилен, на второй – композиции, окрашенные КТУ, в том числе трубная марка РЕ6949С. Была наработана опытно-промышленная партия полиэтилена РЕ6949С с содержанием 2,1 % масс ТУ OMCARB P72. Лабораторный образец КТУ на марке ТУ OMCARB P108 тестировали при введении в неокрашенный ПЭВП РЕ6948С на лабораторном микросмесителе ф.НААКЕ. Результаты сравнительных ис-

пытаний полиэтилена марки РЕ6949С, содержащего импортный 40% КТУ, отечественные КТУ на ТУ OMCARB P72 и OMCARB P108 (лабораторный образец), а также отечественные 35% и 40% КТУ на ТУ N220, представлены в табл. 4.

Результаты испытаний показывают, что при близкой плотности, доле ТУ, независимо от используемого концентрата ТУ, уровень значений по физико-механическим характеристикам полиэтилена высок. Видно, что механические свойства при испытании на растяжение практически не отличаются, соответствуют требованиям нормативной документации.

В стандартах на полимерные трубы уделяется особое внимание равномерности распределения ТУ в матрице полимера не случайно. Неравномерное – плохое распределение ТУ не только может привести к снижению стойкости к УФ-излучению, но крупные агломераты ТУ могут работать как местные концентраторы напряжения и при эксплуатации труб разрушение материала может происходить именно в этом месте. Отсюда требование к материалу для напорных труб – окрашивание в массу на стадии производства марочного ассортимента – при компаундировании.

При использовании КТУ с содержанием 40 % масс. марки N220 тип распределения составляет "A3", КТУ с содержанием 35 % масс. ТУ марки N220 – "A2"÷"A3", т.е. чем меньше ТУ в КТУ, тем лучше распределение ТУ. 40% КТУ с новыми марками ТУ OMCARB72 и OMCARB P108 диспергируются в ПЭВП значительно лучше, распределение A1÷A2, практически аналогично ПЭВП с импортным КТУ (рис.2).

Содержание летучих веществ, по данным контроля на стадии производства, при использовании нового концентрата в полиэтилене составляет в среднем 250 мг/кг при норме не более 350 мг/кг.

Исследовали кинетику сорбции влаги для серийных партий РЕ6949, наработанных с использованием КТУ: серийных на ТУ N220, опытного образца КТУ на ТУ OMCARB P72 и импортного КТУ.

Из результатов, представленных на рис. 3, следует, что тип ТУ влияет на величину адсорбции влаги во времени, при этом наименьшими значениями характеризуются ТУ P-type

Табл. 4. Результаты сравнительных испытаний РЕ6949С, наработанного на разных марках КТУ.

№ п/п	Наименование показателей	Метод испытания	Требования по ТУ 2211-150-05766801	Полиэтилен марки РЕ6949С (класса РЕ100), наполненный концентратами:				Лабораторный образец
				Импортный КТУ (P-type)	КТУ40% (N220)	КТУ35% (N220)	КТУ 40% (OMCARB P72)	
1	Градиентная плотность, г/см ³	ASTM D 1505	-	0,957	0,956	0,955	0,955	Нет данных
2	ПТР при 5,0 кг 190 °С), г/10 мин	ASTM D 1238	0,1÷0,4	0,21	0,18	0,11	0,10	0,11
3	ПТР (при 21,6 кг; 190 °С), г/10 мин	ASTM D 1238	-	7,0	4,9	3,5	3,7	3,7
4	Коэффициент соотношения ПТР $\frac{21,6 \text{ кг}}{5,0 \text{ кг}}$	ASTM D 1238	не менее 18	34	27	32	37	33,6
5	Предел текучести при растяжении, МПа	ГОСТ 11262	не менее 21	26	25	26	25	26
6	Прочность при разрыве, МПа		-	31	32	31	32	31
7	Относительное удлинение при разрыве, %		не менее 500	680	690	720	660	690
8	Массовая доля ТУ, % масс.	ISO 6964: 1986	2,0÷2,5	2,3	2,1	2,1	2,1	2,4
9	Тип распределения ТУ	ISO 18533: 2002	A1,A2, A3, B	A1÷A2	A3	A2÷A3	A1÷A2	A1÷A2
10	Массовое содержание летучих веществ, ppm	ГОСТ 26359	не более 350	230	255	265	260	230

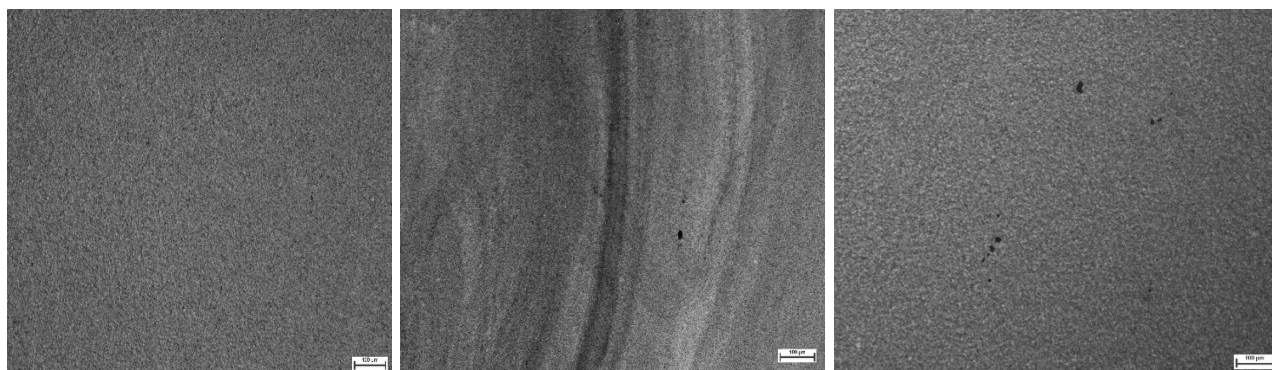


Рис. 2. Распределение ТУ в матрице полимера: 1 – импортный 40 % концентрат (с ТУ Р-type); 2 – 40 % концентрат на основе ТУ марки N220.; 3 – 40 % концентрат на основе ТУ марки OMCARB P72.

импортного производства и отечественный аналог – ТУ марки OMCARB P72. Следует отметить, что в неокрашенном полиэтилене увеличение летучих веществ и влаги во времени (период испытания – 8 месяцев) не выявлено.

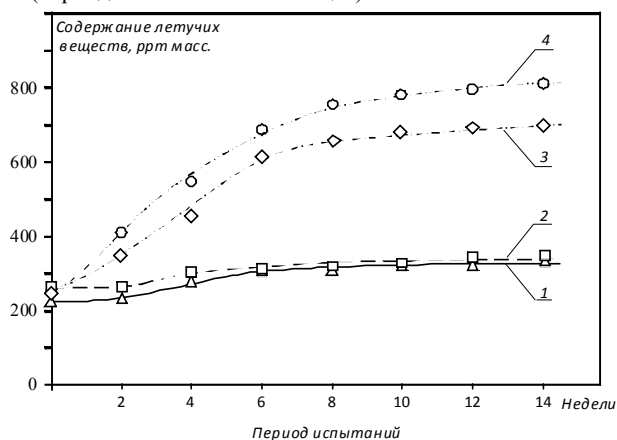


Рис. 3. Изменение содержания летучих веществ в PE6949C в течение времени при использовании различных КТУ: 1 – импортный 40 % концентрат (с ТУ Р-type); 2 – 40 % концентрат на основе ТУ марки OMCARB P72; 3 – 35 % концентрат на основе ТУ марки N220; 4 – 40 % концентрат на основе ТУ марки N220.

При наработке серийных заказов (Труба ПЭ 100 SDR11 - 315x28,4 питьевая ГОСТ 18599-2001) на Климовском трубном заводе ООО "Группа ПОЛИПЛАСТИК" из опытных партий PE6949C, изготовленных с использованием ТУ OMCARB P72, каких-либо негативных особенностей в технологичности материала обнаружено не было. Изучение динамики влагопоглощения на воздухе при стандартном складском хранении опытной партии материала, по сравнению с серийной, в условиях закрытого склада в течение 3-х месяцев показало меньшую сорбционную способность ПЭВП опытной партии. Результаты механических и гидравлических испытаний трубы, а также испытания на стойкость к быстрому и медленному распространению трещины соответствуют требованиям нормативной документации (таблица 5).

Выводы

Проведенная совместная научно-практическая работа специалистов нескольких предприятий позволила получить следующие результаты:

1. Впервые в России на ООО "Омсктехуглерод" освоили промышленный выпуск 2-х марок особо чистого ТУ типа Р-type (трубного).
2. С использованием трубного ТУ марки OMCARB P72 в ООО "Камский завод полимерных материалов" произведен

Табл. 5. Результаты сравнительных испытаний полиэтиленовой трубы на основе PE6949C, наработанной на марке КТУ с OMCARB P72.

№ п/п	Наименование показателей	Метод испытания	Требования по нормативной документации	Свойства трубы ПЭ 100 SDR11 – 315x28,4
1	Предел текучести при растяжении, МПа	ГОСТ 11262	21	24
2	Относительное удлинение при разрыве, %	ГОСТ 11262, (ГОСТ P53652.1 и ГОСТ P53652.3 для ГОСТ P50838)	Не менее 350	более 600 %
3	Стойкость к медленному распространению трещин при 80 °C и начальном напряжении в стенке 4,6 МПа	ГОСТ P50838	Не менее 500 часов	более 502 часов
4	Определение стойкости к быстрому распространению трещин при 0 °C (маломасштабным методом S4)	ГОСТ P50838	Не более 1480 мм при Р критическом ≥ 0.345 МПа	Длина трещины 192 и 197 мм Критическое давление 4,28 МПа
5	Стойкость к внутреннему давлению 20 °C; 12,0 МПа; 100 час	ГОСТ 24157	Не менее 100 часов	102 часа
6	Стойкость к внутреннему давлению 80 °C; 5,4 МПа;	ГОСТ 24157	Не менее 165 часов	167 часа
7	Стойкость к внутреннему давлению 80 °C; 5,0 МПа;	ГОСТ 24157	Не менее 1000 часов	1002 часа
8	Свариваемость – стойкость к осевому растяжению сварного стыкового соединения	ГОСТ P50838	Пластическое разрушение по сварному шву	Соответствует

40 % концентрат на основе линейного полиэтилена низкой плотности марки PE5118QM (ПАО "Нижнекамскнефтехим") по свойствам, близким импортному аналогу.

3. В ПАО "Нижнекамскнефтехим" наработана опытная партия трубной марки PE6949 с использованием КТУ на ТУ OMCARB P72. При наработке компаунда выявили улучшенную технологичность ПЭВП. Показано, что полиэтилен с новой маркой ТУ обладает улучшенным распределением углерода, по сравнению с ПЭВП на основе ТУ марки N220, и меньшей сорбционной способностью влаги в процессе хранения.

4. В ходе испытаний, проведенных в ООО "Климовский трубный завод" показано, что материал марки PE6949C, наработанный с использованием опытного образца КТУ на ТУ OMCARB P72, соответствует требованиям нормативной документации, предъявляемой к полиэтиленовой трубе. Кроме того, были выявлены неоспоримые преимущества материала опытной партии с новой маркой ТУ по показателям:

- содержание и накопление летучих;
- влагопоглощение;
- распределение сажи, включая фильтр-тест.

Заключение

Успешное сотрудничество российских предприятий позволит решить важную проблему импортозамещения в химической отрасли и расширить марочный ассортимент по выпуску продукции высокого качества.

Литература

1. Раздьяконова Г.И., Лихолобов В.А., Моисеевская Г.В., Петин А.А., Караваев М.Ю. Инновационный углерод. От идеи до технологии. - Научное издание // Омск: Изд-во ОмГТУ. 2014. с. 98
2. Раздьяконова Г. И., Лихолобов В. А., Кохановская О.А. Технология модификации технического углерода. - Научное издание // Омск: Изд-во ОмГТУ. 2017. с. 58
3. Б. В. Белянин. Технический анализ нефтепродуктов и газа. Учеб. пособие для нефт. техникумов / Б. В. Белянин, В. Н. Эрих. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Химия. - 1970. - с.239.
4. Григоров А.О., Кравченко А. Черная палитра концентратов // Пластик. - № 11. - 2012. - С.22.
5. J.V. Accorsi. The Impact of Carbon Black Morphology and Dispersion on the Weatherability of Polyethylene / Kautschuk Gummi Kunststoffe 54. Jahrgang. - №6. - 2001.

УДК 678

Влияние соединений молибдена на огнестойкость и физико-механические свойства ПВХ-пластиката

Т.А. БОРУКАЕВ, А.Х. ШАОВ, Ю.А. МАЛКАНДУЕВ

Кабардино-Балкарский госуниверситет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия
boruk-chemical@mail.ru

Получены соединения молибдена – октамолибдат аммония и молибдат цинка, которые были введены в ПВХ-пластикат. Показано, что соединения молибдена повышают огнестойкость исходного пластиката и значительно снижают количество образующегося дыма при его горении. Обнаружено, что введение соединений молибдена в ПВХ-пластикат приводит к улучшению основных физико-механических свойства исходного пластиката.

Ключевые слова: октамолибдат аммония, молибдат цинка, поливинилхлорид, пластикат, пожаробезопасность, свойства.

The resulting compound of molybdenum - octamolybdate ammonium and molybdate zinc, which were introduced in PVC-plastics. It is shown that molybdenum compounds increase the fire-resistance of the source compound and significantly reduce the amount of smoke produced when it burns. Found that the introduction of molybdenum compounds in PVC-plastic leads to the improvement of basic physical and mechanical properties of the original plastic.

Keywords: octamolybdate ammonium, molybdate zinc, polyvinylchloride, plastic, fire safety, properties.

Одним из основных полимерных материалов, используемых в качестве изоляции и оболочки для электрических проводов и кабелей, является поливинилхлорид (ПВХ) [1]. При этом ПВХ, используемый в кабельной отрасли представляет собой пластифицированный материал (ПВХ-пластикат) [2]. Вследствие большого содержания пластифицирующих компонентов, ПВХ-пластикаты характеризуются повышенной пожароопасностью и склонностью к образованию большого количества дыма при их горении [3]. В частности, в большинстве случаев пожары возникают в результате возгорания электрических проводов и кабелей с последующим распространением огня по соответствующим коммуникаци-

ям. Поэтому к электрическим проводам и кабелям предъявляются жесткие требования к их пожаробезопасности. Для решения данной проблемы разработчики ПВХ-пластикатов предлагают использовать различные антипирены и дымогасители, например, оксид сурьмы, борат цинка, гидроксиды алюминия и магния [4–6]. Однако использование данных добавок сопряжено с некоторыми проблемами – токсичностью, необходимостью сочетания нескольких добавок, причем часто в значительном их количестве. В связи с этим поиск эффективных добавок, лишенных таких недостатков и способствующих повышению огнестойкости ПВХ-пластикатов, а также снижению количества образующегося дыма при горе-