

## Влияние процессинговой добавки 3M Dynamar FX5911 на стыковую сварку труб на основе ПЭВП и технологичность процесса экструзии

### The effect of 3M Dynamar FX5911 processing additive on butt welding of pipes based on HDPE and the processability of extrusion

*Т.В. МАКАРОВ<sup>1</sup>, Р.И. ВАСИЛЬЕВ<sup>1</sup>, А.С. ИВУШКИНА<sup>1</sup>,  
А.А. ПАРШИН<sup>2</sup>, А.В. СУХИНИНА<sup>2</sup>, Е.В. КАЛУГИНА<sup>2</sup>  
T.V. MAKAROV<sup>1</sup>, R.I. VASILIEV<sup>1</sup>, A.S. IVUSHKINA<sup>1</sup>,  
A.A. PARSHIN<sup>2</sup>, A.V. SUKHININA<sup>2</sup>, E.V. KALUGINA<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> АО «3М Россия», <sup>2</sup> Группа ПОЛИПЛАСТИК, Москва

<sup>1</sup> JSC 3M Russia, <sup>2</sup> POLYPLASTIC Group, LLC, Moscow

Kalugina@polyplastic.ru

Использование процессинговых добавок на основе фторполимеров 3M Dynamar в производстве трубных марок ПЭВП позволяет существенно снизить нагрузку на шнек и давление на фильере, тем самым давая возможность повысить производительность экструзионной линии. Проведенные исследования показали, что добавка Dynamar FX5911 даже в завышенной концентрации не оказывает существенного влияния на физико-механические свойства ПЭВП и не ухудшает прочность сварного шва при стыковой сварке труб из ПЭВП.

*Ключевые слова:* фторполимер, экструзия, сварка труб

The use of 3M Dynamar processing additives based on fluoropolymers in the production of pipe grades HDPE allows to significantly reduce the load on the screw and the pressure on the die, providing increase the productivity of the extrusion line. Conducted studies have shown that the addition of Dynamar FX5911, even at high concentrations, does not affect significantly the physicochemical properties of HDPE and does not impair the strength of the weld when butt welding HDPE pipes.

*Keywords:* fluoropolymer, extrusion, welding pipes

DOI: 10.35164/0554-2901-2019-7-8-67-68

По оценкам экспертов, рынок напорных полиэтиленовых труб в 2019 году вырастет на 7–10% до 300 тыс. тонн благодаря новым инфраструктурным проектам и государственным программам обновления изношенных сетей [1]. В связи с этим актуальными становятся задачи повышения технологической эффективности, а также интенсификации производства как на стадии грануляции сырья, так и на стадии экструзии готовой трубы.

Ввиду высокой вязкости расплава трубных марок полиэтилена, особенно на основе ПЭ 100, существуют определенные технологические ограничения, лимитирующие производственные мощности экструзионных линий. Известно использование процессинговых добавок на основе фторполимеров 3M Dynamar в производстве трубных марок полиэтилена высокой плотности, позволяющих существенно снизить нагрузку на шнек и давление на фильере, что, в свою очередь, дает возможность нарастить производительность существующей экструзионной линии и работать с более высоким КПД. Кроме того, в проведенных ранее работах [2] также было показано улучшение качества внутренней поверхности труб и отсутствие влияния процессинговой добавки на долговременную прочность трубных марок полиэтилена высокой плотности согласно ASTM D2837 и ISO TR 9080. Следует также отметить высокую эффективность процессинговых добавок на стадии производства сажевых концентратов для трубных композиций. Все это способствовало активному внедрению процессинговых добавок 3M Dynamar в базовые рецептуры трубных марок полиэтилена высокой плотности, и в настоящее время большинство отечественных и зарубежных трубных марок полиэтилена содержат в своем составе процессинговые добавки в количестве 100–200 ppm. Поскольку механизм действия процессинговой добавки предполагает образование на внутренней поверхности фильеры экструдера тончайшего слоя фторполимера с низким поверхностным натяжением, облегчающим течение вы-

соковязкого расплава полимера в экструдере, переработчики часто задаются вопросом о возможном влиянии процессинговой добавки на свариваемость полиэтиленовых труб. Отсутствие влияния процессинговых добавок 3M Dynamar на свариваемость пленок на основе линейного полиэтилена было показано в работе [3], однако технологические условия стыковой сварки полиэтиленовых труб имеют существенные отличия, и для прояснения данного вопроса необходимо провести отдельные испытания.

Исходя из вышеизложенного, целесообразно было проверить информацию в реальном технологическом процессе при производстве труб из ПЭВП.

По информации 3M, оптимальное содержание добавки – 100–200 ppm. Введение столь малых количеств возможно только «через концентрат». В рамках этих исследований была разработана рецептура концентрата процессинговой добавки «Армофлен ПЭ-2Д», с учетом рекомендаций 3M, с расчетным содержанием Dynamar 5911 4 мас. % и синергической смесью антиоксидантов. По данным лаборатории R&D 3M, содержание Dynamar 5911 в концентрате составило 4,2 мас. %.

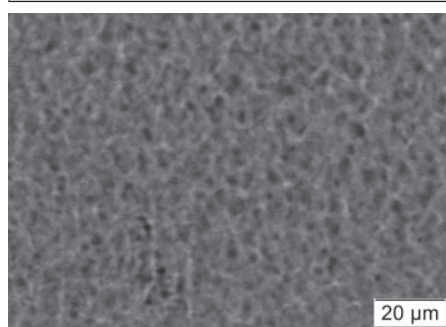
В первом эксперименте проверили влияние Dynamar 5911 на свариваемость ПЭ труб. Для этого в серийном производстве Климовского трубного завода были наработаны образцы труб диаметром 110 мм SDR 11 (толщина стенки 10+1,1 мм) из неокрашенного ПЭВП PE6PP32 (ООО «Ставролен») с расчетными дозировками Dynamar 5911, равными 100, 200 и 500 ppm. Для сравнения был наработан образец трубы без добавок. По данным лабораторного анализа 3M, реальное содержание Dynamar 5911 в образцах составило 122, 146 и 383 ppm (данные R&D 3M). Хотя величина расчетного содержания добавки различается с результатами лабораторного анализа, на микрофотографиях (рис. 1) видно, что распределение Dynamar 5911 в ПЭ достаточно равномерно.

Таблица 1. Результаты физико-механических испытаний при растяжении образцов.

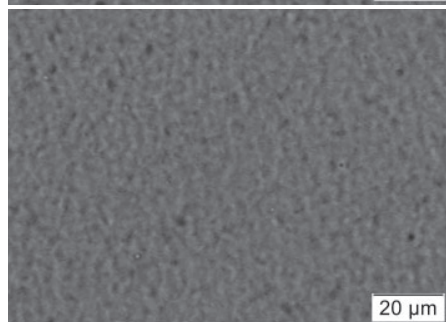
Образец	Модуль упругости при растяжении, МПа	Предел текучести при растяжении, МПа	Относительное удлинение при пределе текучести, %	Прочность при разрыве, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
ПЭ 100 PE6PP32	642±25	22,5±0,14	11,1±0,06	22,6±4,47	635±10,5
ПЭ 100 PE6PP32 + 100 ppm Dynamar FX5911	672±20	22,8±0,15	11,1±0,03	21,2±5,86	584±15,4
ПЭ 100 PE6PP32 + 200 ppm Dynamar FX5911	659±20	22,7±0,14	11,1±0,07	19,2±2,83	540±7,8
ПЭ 100 PE6PP32 + 500 ppm Dynamar FX5911	634±21	22,6±0,13	11,0±0,11	16,5±2,39	465±7,9

Таблица 2. Влияние добавки Dynamar 5911 на технологические параметры экструзии двухслойной гофрированной трубы КОРСИС.

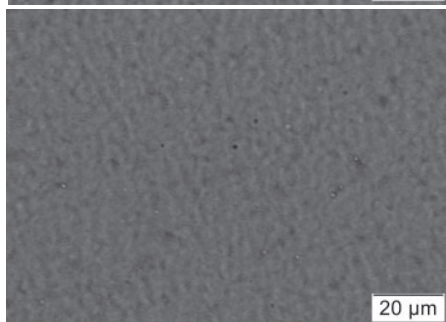
Рецептура / Стадии процесса	Наружный слой		Внутренний слой	
	Температура расплава, °С	Давление расплава, бар	Температура расплава, °С	Давление расплава, бар
Запуск /без добавки	205	371	206	315
10 вес. % Армофлен ПЭ-2Д в течение 0,5 часа	198	320	190	280
1 вес. % Армофлен ПЭ-2Д	195	320	190	275



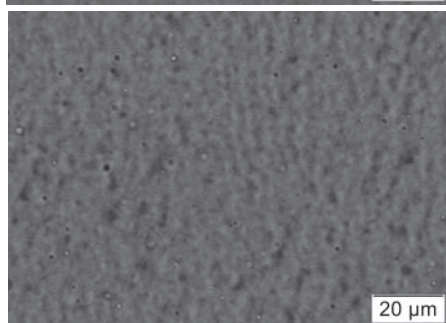
0 ppm



100 ppm



200 ppm



500 ppm

Рис. 1. Микрофотографии образцов труб из ПЭВП PE6PP32 без добавок (1) и с добавками Dynamar 5911.

Некоторое занижение содержания Dynamar 5911 в образцах трубы по сравнению с расчетным значением можно объяснить миграцией добавки на поверхность экструзионного оборудования (шнек/цилиндр/фильера/дорн), что достаточно подробно описано в информации производителя [2].

Для проверки влияния добавки на физико-механические характеристики ПЭВП из труб методом фрезерования были изготовлены лопатки типа 2 (ГОСТ 53652), которые были испытаны на растяжение по ГОСТ 18599. Результаты приведены в таблице 1.

Полученные результаты показали, что добавка Dynamar FX5911 даже в завышенной концентрации не оказывает существенного влияния на физико-механические свойства ПЭВП.

Испытание на свариваемость труб при стыковой сварке по ГОСТ 55276 также не обнаружило каких-либо отличий (несоответствий требованиям стандарта), например, по форме и внешнему виду грата. Результат испытаний считают положительным, если:

- отсутствует разрушение сварного шва;
- тип разрушения пластический.

Все образцы испытание выдержали.

Полученные результаты надежно доказывают, что добавка Dynamar FX5911 даже в высоких концентрациях не ухудшает прочность сварного шва при стыковой сварке труб из ПЭВП.

Ограниченность времени эксперимента не позволила нам оценить влияние добавки на технологические параметры процесса экструзии трубы, такие как производительность, температурный режим экструзии, нагар на фильере и т. п.

Влияние процессинговой добавки Dynamar 5911 на технологические параметры процесса проверили в технологии производства двухслойных гофрированных труб КОРСИС DN/OD 200 SN8 из ПЭВП ПЭ273-83 (ООО «Ставролен»). Армофлен ПЭ-2Д вводили в оба слоя трубы. Согласно рекомендации производителя, при запуске линии концентрат дозировали в количестве 10 вес. % в течение 0,5 часа, затем снизили подачу до 1 вес. %. В таблице 2 приведены данные фиксирования параметров технологического режима.

При запуске (без добавок) отметили высокое давление в экструдере: по внутреннему слою – 315 бар, по наружному – 371 бар. При введении концентрата «Армофлен ПЭ-2Д» давление снизилось: по внутреннему слою – до 275 бар (на 40 бар), по наружному – до 320 бар (на 50 бар). Также отметили понижение температуры расплава: по внешнему слою – на 7°, по внутреннему – на 16°.

Продолжительность эксперимента составила 5 суток. Введение добавки позволило увеличить производительность линии со стандартных 5 м/мин. до 6,5 м/мин. за счет снижения нагрузки (давления массы).

Проведенные экспериментальные работы показали эффективность применения процессинговой добавки Dynamar 5911 при производстве труб из ПЭВП. Полученные результаты развеяли миф о возможном негативном влиянии добавки на прочность сварного шва при стыковой сварке труб.

#### Литература

1. М. Усачев. Рынок полимерных труб России и сопредельных стран (Украины, Белоруссии и Казахстана) в 2018 году // Полимерные трубы, 2019, №2, с. 30–34.
2. <http://multimedia.3m.com/mws/media/9913850/dynamar-ppas-in-applications-of-hdpe-pipes.pdf>
3. <http://multimedia.3m.com/mws/media/9913760/processing-aids-on-the-hot-tack-properties-of-ldpe-blown-films.pdf>