

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-46-51>

УДК 621.1:678.742.2

ВИБРОРЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ РЕАКЦИИ СШИВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА. ЧАСТЬ 1: НА ЛИНИЯХ ПУЛТРУЗИИ

В. В. КОВРИГА⁺, Т. Ф. ОРЕШЕНКОВА, А. А. ЖУРБА

ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК», Очаковское шоссе, 18, 119530, г. Москва, Россия

Цель работы — определение оптимального времени сшивания полиэтилена в технологическом процессе формования трубы из сшитого полиэтилена.

Изучена возможность использования данных виброреометрических исследований для оценки оптимального времени сшивания полиэтилена в технологическом процессе изготовления трубы на линиях пултрузии. Показатели кинетики сшивания при различных температурах получены с использованием безторного вулканметра сдвигового типа при исследовании изменения крутящего момента в ходе реакции сшивания полимера. Исследовали сшивание полиэтилена марки Lupolen 5271 («LyondellBasell», Германия). Для выполнения реакции сшивки использовали ди-трет-бутил пероксид Trigonox В («AkzoNobel Polymer Chemistry», США) в концентрации 0,4 мас.%. В технологическом процессе стационарную температуру материала регулируют, изменяя соотношение температур матрицы и дорна, и таким образом влияют на скорость реакции сшивания ПЭ. Стационарную температуру измеряют на выходе изделия из последней рабочей зоны с использованием пирометра «Optris MSpro» («Optris», Германия). Показана возможность определения времени, необходимого для завершения процесса сшивания с выпуском качественной продукции. При этом отмечена необходимость учета времени подвулканизации (scorch time), которое составляет 30–25 сек в температурных условиях рассмотренных технологических режимов. Приведены технологические примеры изготовления полиэтиленовых труб разных диаметров с определением времени, необходимого для завершения сшивания полиэтилена (степень сшивания 90%).

Ключевые слова: полиэтиленовая труба, сшивание полиэтилена, виброреометрические исследования, пултрузионная технология.

VIBRORHEOMETRIC INVESTIGATIONS OF THE KINETICS OF THE CROSS-LINKING REACTION FOR THE ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS FOR OBTAINING CROSS LINKED POLYETHYLENE. PART 1: ON THE PULTRUSION LINES

V. V. KOVRIGA⁺, T. F. ORESHENKOVA, A. A. ZHURBA

POLYPLASTIC group, Ochakovskoe shosse, 18, 119530, Moscow, Russia

The purpose of the work is to determine the optimal time for crosslinking of polyethylene in the technological process of forming a pipe from cross-linked polyethylene.

The possibility of using the data of vibrorheometric studies to estimate the optimal time for poly-

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: kovriga@polyplastic.ru

ethylene crosslinking in the technological process of pipe manufacturing on pultrusion lines has been studied. Kinetics of crosslinking at different temperatures were obtained using a rotorless shear vulcameter in the study of the change in torque during the polymer crosslinking reaction. The crosslinking of Lupolen 5271 polyethylene ("LyondellBasell", Germany) was studied. To implement the crosslinking reaction, di-tert-butyl peroxide Trigonox B ("AkzoNobel Polymer Chemistry", USA) was used at a concentration of 0.4 wt.%. In the technological process, the stationary temperature of the material is controlled by changing the ratio of the temperatures of the matrix and the mandrel, and thus affect the rate of cross-linked reaction of polyethylene. Stationary temperature is measured at the outlet of the product from the last working area using an "Optris MSpro" pyrometer ("Optris", Germany) The possibility of determining the time required to complete the cross-linking process with the release of high-quality products is shown. At the same time, the need to take into account the time of subvulcanization (scorch time) which is 30–25 seconds under the temperature conditions of the considered technological regimes is noted. Technological examples of the manufacture of polyethylene pipes of different diameters are given with the determination of the time required to complete the crosslinking of polyethylene (the degree of crosslinking is 90%).

Keywords: polyethylene pipe, polyethylene cross-linking, vibrometric test, pultruding technology.

Поступила в редакцию 14.02.2023

© В. В. Коврига, Т. Ф. Орешенкова, А. А. Журба, 2023

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Коврига В. В., Орешенкова Т. Ф., Журба А. А. Виброреометрические исследования кинетики реакции сшивания для анализа технологического процесса получения сшитого полиэтилена. Часть 1: На линиях пултрusion // Полимерные материалы и технологии. 2023. Т. 9, № 1. С. 46–51. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-46-51>

Citation sample:

Kovriga V. V., Oreshenkova T. F., Zhurba A. A. Vibrometric investigations of the kinetics of the cross-linking reaction for the analysis of the technological process for obtaining cross linked polyethylene. Part 1: On the pultrusion lines]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2023, vol. 9, no. 1, pp. 46–51. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2023-9-1-46-51>

Литература

1. Скрозников С. В., Зеленцова Н. С., Лямкин Д. И., Жемерикин А. Н., Кобец А. В., Черкашин П. А., Черепенников С. В. Особенности структурно-механических свойств радиационно-сшитого полиэтилена для кабельной изоляции // Успехи в химии и химической технологии. 2010. Т. 24, № 3 (108). С. 77–81.
2. Патент 2177104 РФ, МПК F16L55/1654. Способ облицовки подземных трубопроводов (NL). / Огрен Леннарт, Мольше Бу, Лунд Арне, Лео Харри, Дикинсон Алан Джон, Ярвенкюля Юри, Йормака Вели-Пекка; заявитель и патентообладатель Юпопор Б.В. N 98115004/06; заявл. 13.01.1997; опубл. 20.12.2001, Бюл. № 35.
3. Патент 2516544 РФ, МПК C08L 23/08 C08L 23/04 F16L 9/12. Полимерная композиция для сшитых труб / Эк Карл-Густав, Одеркерк Йерозн, Пальмлеф Магнус, Сундхольм Туа; заявитель и патентообладатель Бореалис Аб. N 2011152976/05; заявл. 20.05.2010; опубл. 20.05.2014, Бюл. № 14.

4. Пятин И. Н., Арсеньева Л. В., Белкин Р. Ю., Курбатова Ю. В., Резниченко Д. С., Битт В. В., Наумова Ю. А., Орешенкова Т. Ф., Коврига В. В. Исследование кинетики сшивания полиэтилена на роторных и безроторных вулканетрах и ротационном вискозиметре системы плоскость–плоскость // Полимерные материалы и технологии. 2019. Т. 5, № 1. С. 53–62.
5. Пятин И. Н., Битт В. В., Наумова Ю. А., Орешенкова Т. Ф., Коврига В. В. Исследование кинетики перекисного сшивания полиэтилена на ротационном вискозиметре // Пластические массы. 2018. № 11–12. С. 32–35.
6. Коврига В. В., Орешенкова Т. Ф., Резниченко Д. С., Рахматулин Т. Т., Пятин И. Н., Евсеева К. А. Оценка равновесного модуля сшитого полиэтилена при испытаниях на вулканетрах // Каучук и резина. 2020. Т. 79. № 3. С. 158–161.

Reference

1. Skrozniakov S. V., Zelentsova N. S., Lyamkin D. I., Zhemerikin A. N., Kobets A. V., Cherkashin P. A., Cherepennikov S. V. Osobennosti strukturno-mekhanicheskikh svoystv radiatsionno-sshitogo polietilena dlya kabel'noy izolyatsii [Features of structural and mechanical properties of radiation-cross-linked polyethylene for cable insulation]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Journal Advances in Chemistry and Chemical Technology], 2010, vol. 24, no. 3 (108), pp. 77–81.
2. Ogren Lennart, Mol'she Bu, Lund Arne, Leo Kharri, Dickinson Alan Dzhon, Yarvenkyulya Yuri, Yormakka Veli-Pekka. Sposob oblitovki podzemnykh truboprovodov [Method of lining underground pipelines]. Patent RF, no. 2177104, 2001.
3. Ek Karl-Gustav, Oderkerk Yeroen, Pal'mlef Magnus, Sundkhol'm Tua. Polimernaya kompozitsiya dlya sshitykh trub [Polymer composition for cross-linked pipes]. Patent RF, no. 2516544, 2014.
4. Pyatin I. N., Arsen'eva L. V., Belkin R. Yu., Kurbatova Yu. V., Reznichenko D. S., Bitt V. V., Naumova Yu. A., Oreshenkova T. F., Kovri-ga V. V. Issledovanie kinetiki sshivaniya polietilena na rotornykh i bezrotornykh vulkametrakh i rotatsionnom viskozimetre sistemy ploskost'–ploskost' [Kinetic research of cross-linking of polyethylene for rotary and rotorless cure meters and rotational viscometer of the plane–plane system]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2019, vol. 5, no. 1, pp. 53–62.
5. Pyatin I. N., Bitt V. V., Naumova Yu. A., Oreshenkova T. F., Kovri-ga V. V. Issledovanie kinetiki perekisnogo sshivaniya polietilena na rotatsionnom viskozimetre [Study of the kinetics of peroxide cross-linking of polyethylene on a rotational viscosimeter]. *Plasticheskie massy* [Plastics], 2018, no. 11–12, pp. 32–35.
6. Kovri-ga V. V., Oreshenkova T. F., Reznichenko D. S., Rakh-matulin T. T., Pyatin I. N., Evseeva K. A. Otsenka ravno-vesnogo modulya sshitogo polietilena pri ispytaniyakh na vulkametrakh [Evaluation of the equilibrium module of cross-linked polyethylene during tests on vulcameters]. *Kauchuk i rezina* [Caoutchouc and Rubber], 2020, vol. 79, no. 3, pp. 158–161.