

6. Quadros, P. A. Different modeling approaches for a heterogeneous liquid-liquid reaction process [Text] / P. A. Quadros, M. S. Reis // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2005. – Vol. 44, Issue 25. – P. 9414–9421. doi: 10.1021/ie050205m
7. Quadros, P. A. Benzene nitration: validation of heterogeneous reaction models [Text] / P. A. Quadros, N. M. C. Oliveira, C. M. S. G. Baptista // Chemical Engineering Science. – 2004. – Vol. 59, Issue 22-23. – P. 5449–5454. doi: 10.1016/j.ces.2004.07.107
8. Ягодин, Г. А. Основы жидкостной экстракции [Текст] / Г. А. Ягодин. – М.: Химия, 1981. – 400 с.
9. Biggs, R. D. Rate of nitration of benzene with mixed acid [Text] / R. D. Biggs, R. R. White // AIChE Journal. – 1956. – Vol. 2, Issue 1. – P. 26–32. doi: 10.1002/aic.690020106
10. Кондратов, С. А. Модель процесса непрерывного нитрования бензола в реакторе идеального перемешивания [Текст] / С. А. Кондратов, М. Д. Аль Хамадани // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 2, № 6(68). – С. 16–22. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/23334/20990>
11. Кафаров, В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии [Текст] / В. В. Кафаров. – М.: Химияб 1985. – 448 с.
12. Schiefferle, D. Heterogeneous Nitration of Benzene [Text] / D. Schiefferle, C. Hanson, L. Albright // Industrial and Laboratory Nitrations; ACS Symposium Series. – Washington: American Chemical Society, 1976. – 179–194.

В роботі охарактеризовано особливості виготовлення пористих полімерних виробів. Розроблено технологічний процес виготовлення пористої ізоляційної оболонки електричного кабелю з полівінілхлориду методом екструзії. Досліджено структуру та експлуатаційні властивості пористої оболонки. Проаналізовано залежності експлуатаційних характеристик пористої оболонки від типу та вмісту пороутворювача. Показано, що одержана ізоляційна оболонка відповідає вітчизняним та міжнародним вимогам

Ключові слова: пороутворювачі, пористі оболонки, екструзія, ізоляція кабелю, полівінілхлорид, ступінь пористості, експлуатаційні властивості, структура

В работе охарактеризованы особенности изготовления пористых полимерных изделий. Разработан технологический процесс изготовления пористой изоляционной оболочки электрического кабеля из поливинилхлорида методом экструзии. Исследована структура и эксплуатационные свойства пористой оболочки. Проанализированы зависимости эксплуатационных характеристик пористой оболочки от типа и содержания порообразователя. Показано, что полученная изоляционная оболочка соответствует отечественным и международным требованиям

Ключевые слова: порообразователи, пористые оболочки, экструзия, изоляция кабеля, поливинилхлорид, степень пористости, эксплуатационные свойства, структура

УДК 678.71

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.43746

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТОНКОСТІННИХ ПОРИСТИХ ОБОЛОНОК МЕТОДОМ ЕКСТРУЗІЇ

Т. Гарбач

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра полімерних процесів

Люблінська політехніка

вул. Надбистрицька, 36, м. Люблін, Польща, 20-618

E-mail: t.garbacz@pollub.pl

В. В. Красінський

Кандидат технічних наук, старший викладач*

E-mail: vkrasinsky82@gmail.com

О. В. Суберляк

Доктор хімічних наук,

професор, завідувач кафедри*

E-mail: suberlak@polynet.lviv.ua

Л. Дулебова

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра технологій і матеріалів

Технічний університет Кошице

вул. Масярска, 74, м. Кошице, Словаччина, 040-01

*Кафедра хімічної технології переробки пластмас

Національний університет "Львівська політехніка"

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

1. Вступ

Екструзія пористих матеріалів відрізняється від екструзії традиційних полімерів тим, що виріб в процесі переробки отримує двофазову структуру полімер-газ з маленькими та рівномірно розподіленими бульбашками газу. Пористу структуру отримують зав-

дяки додаванню до вихідної сировини пороутворювача у вигляді інертного газу, рідини з низькою температурою кипіння або твердого тіла, яке перебуваючи в рідкому або твердому стані, переходить в газ за визначених умов процесу екструзії.

Внаслідок екструзії полімерів з пороутворенням отримують вироби з новими фізичними та технологіч-

ними властивостями. Перевагами пористих виробів порівняно з монолітними є:

- менша маса, внаслідок меншої густини;
- підвищена жорсткість за такої ж або навіть меншої маси;
- вища міцність під час згинання;
- менша діелектрична проникність;
- менша теплопровідність;
- відмінні ізоляційні властивості;
- добрі механічні, акустичні та демпфувальні властивості;
- економія матеріалів [1–3].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Пороутворювач вибирають відповідно до природи полімеру так, щоб температура його розкладання була вищою за температуру топлення полімеру, але нижчою за температуру екструзії. В рідкому стані пористий матеріал ще не є стабільною системою, оскільки внаслідок дифузії та поверхневого натягу на межі розділу фаз полімер-газ зменшується кількість пор в матеріалі і збільшується їх розмір, що є небажаним ефектом.

Розміри утворених пор збільшуються до досягнення стану рівноваги між тиском газу та поверхневим натягом. Пористу структуру з малими порами одержують в готовому виробі завдяки якнайшвидшому його охолодженню і затвердженню. В циліндрі екструдера з пороутворювачем до розкладання відбуваються ті ж процеси, що й з полімером, тобто нагрівання, стиснення, гомогенізація і транспортування [1, 4–6].

Інертні гази та низькокиплячі рідини вводять під тиском безпосередньо в зону дозування циліндра екструдера за допомогою спеціальних дозаторів [1, 6, 7]. Натомість деякі рідини і тверді тіла змішуються з полімером у традиційний спосіб – перед завантаженням сировини в бункер екструдера або вводяться у полімер ще в процесі його виготовлення.

Коли за відповідної температури починається процес виділення газу, утворені численні мікропухирці завдяки тиску і розвиненій поверхні рівномірно розподіляються в полімері. Утворені пори можуть бути заповнені як повітрям, так і різними газами, наприклад CO₂ або N₂, але внаслідок дифузії ці гази з часом замінюються повітрям [2, 4, 8, 9].

В процесі переробки термопластичних полімерів використовують такі пороутворюючі агенти:

- хімічні, які не вимагають складного обладнання для переробки;
- фізичні (рідини, гази), які дозволяють отримати високий ступінь пористості.

До фізичних пороутворювачів належать: вуглеводні (пентан), вода, азот і вуглекислий газ, які додаються в рідкому чи газоподібному стані до розплавленого полімеру і змішуються з ним за допомогою нуклеантів (найчастіше тальку). Натомість хімічні пороутворювачі додаються до гранульованого полімеру як тверді речовини (порошок, грануляти) і одержана суміш переробляється традиційними методами (литтям під тиском, екструзією і т. п.). Як хімічні пороутворювачі використовують сполуки азоту, бікарбонат натрію і суміші органічних кислот з вуглеводнями. Реакція розкладання хімічного пороутворювача може бути як

ендотермічною, так і екзотермічною. Під час застосування хімічних пороутворювачів важливим є те, що в процесі переробки на визначений час повинна бути перевищена характеристична температура (температура розкладання пороутворювача), щоб отримати необхідну кількість газу [1, 6, 10].

Введення пороутворювачів до полімерів на практиці здійснюють чотирма способами:

- полімер у в'язко-текучому стані насичують під тиском газом або легкою речовиною, внаслідок чого, після охолодження, в полімері містяться розчинені рідкі або газоподібні пороутворювальні агенти;
- механічним способом змішують полімер з твердими пороутворювачами, які потім вимиваються розчинниками (наприклад, кухонна сіль і сульфат амонію вимиваються водою);
- полімеризацію мономерів здійснюють в присутності пороутворювачів (рідких або твердих), які залишаються адсорбованими в полімері;
- в'язку смоли, що містить пороутворювач, швидко перемішують, після чого смоли затверджують [6].

Природа та кількість пороутворювача мають суттєвий вплив на кінцеву густину пористого матеріалу і визначають його метод переробки. Визначальним чинником ефективності пороутворення є правильний вибір дозувальних пристроїв, оскільки пороутворювачі повинні знаходитися в полімері у розчиненому стані.

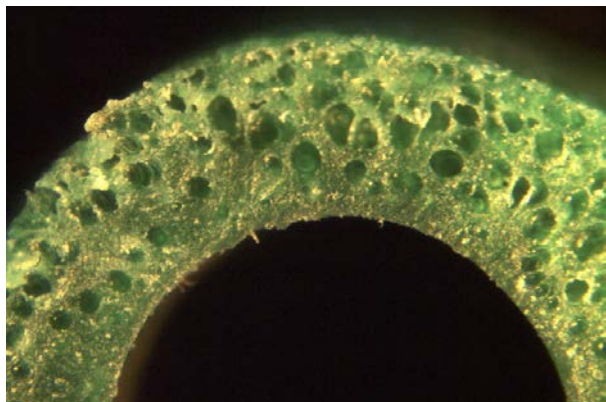
Властивості пористого екструдату залежать від багатьох чинників: природи полімеру, природи і кількості пороутворювача, розмірів, кількості і геометричної характеристики утворених пор, способу та параметрів процесу екструзії, розподілу температури матеріалу в циліндрі і головці екструдера, швидкості екструдювання [6, 8].

Отриманий виріб може бути цілком монолітним або пористим (рис. 1, а), може мати пористий внутрішній шар і монолітну поверхню (рис. 1, б). Умовою одержання необхідної пористої структури в процесі екструзії є правильний розподіл температур в циліндрі і головці екструдера. Температура першої, другої і третьої зон пластикаційного циліндра повинна бути нижчою, ніж температура початку розкладання пороутворювача. Лише в четвертій зоні циліндра екструдера температура повинна бути вищою, ніж температура початку розкладання пороутворювача, а температура екструзійної головки повинна бути близькою або нижчою за температуру розкладу пороутворювача [1, 2, 6].

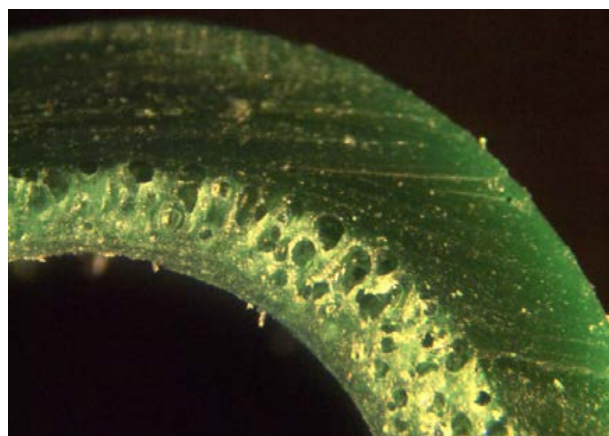
Залежно від температури охолодження можна отримати різний ступінь пористості екструдату, причому охолодження пористих виробів триває довше, ніж монолітних. Хоча теплоємність пористого полімеру є нижчою, ніж монолітного, але і його теплопровідність значно нижча. Умови охолодження пористого екструдату значно впливають на утворення пористої структури. Дуже повільне охолодження може призвести до утворення нерівномірної пористої структури [4, 6, 7]. Процес пороутворення може відбуватися з виділенням або поглинанням тепла [2, 10, 11].

Екзотермічні пороутворювачі під час розкладання виділяють багато енергії, тому процес пороутворення продовжується навіть за припинення зовнішнього нагрівання. В зв'язку з цим виробі, одержані з такими пороутворювачами, потрібно довго та ін-

тенсивно охолоджувати, щоб запобігти їх деформуванню. Це може стати причиною локальних перегрівів та утворення нерівномірної пористої структури (рис. 2). Головними представниками екзотермічних пороутворювачів є гідразиди, наприклад сульфогідразид, і сполуки азоту, наприклад азодикарбонамід. Вони використовуються для утворення пористої структури поліетилену, полівінілхлориду, полістиролу і поліаміду.



а



б

Рис. 1. Мікроструктура пористої оболонки з вмістом пороутворювача 0,3 % і ступенем пористості 32 %: а – одношарова оболонка; б – двошарова оболонка

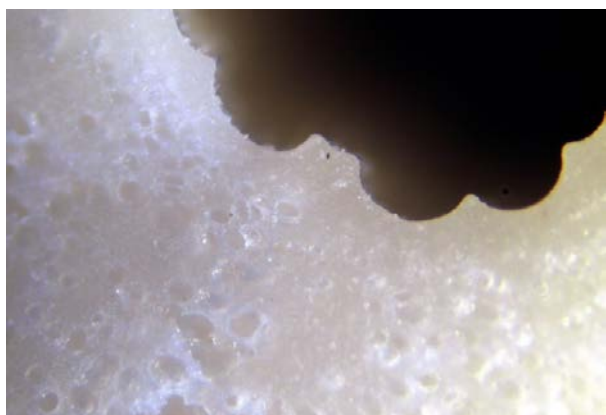


Рис. 2. Одношарова пориста оболонка кабелю, одержана за використання екзотермічного пороутворювача у кількості 0,6 %

Під час застосування ендотермічних пороутворювачів утворення газу закінчується відразу після припинення нагрівання. Використання таких пороутворювачів значно скорочує час охолодження виробів, а отже, підвищує продуктивність процесу екструзії. Їх представниками є бікарбонати, в першу чергу бікарбонат натрію чи амонію, а також 2-гідрокси-1,2,3-пропантрикарбонова кислота (лимонна кислота) [5, 6].

3. Ціль та задачі дослідження

Метою роботи було розробити технологічний процес виготовлення пористої ізоляційної оболонки електричного кабелю з полівінілхлориду методом екструзії та дослідити структуру і експлуатаційні властивості одержаної оболонки.

Для реалізації мети необхідно розв'язати наступні завдання:

- встановити оптимальні технологічні параметри процесу екструзії пористої полімерної оболонки з полівінілхлориду для різних типів пороутворювачів, зокрема ендо- та екзотермічних;
- проаналізувати залежності структури та експлуатаційних характеристик пористої ізоляційної оболонки від типу та вмісту пороутворювача;
- встановити оптимальний вміст кожного типу пороутворювача в полімерній композиції, за якого одержують ізоляційну оболонку, що відповідає вітчизняним та міжнародним стандартам.

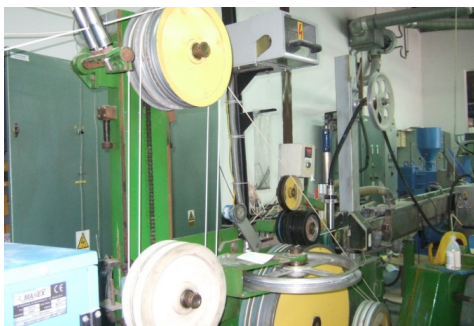
4. Матеріали, обладнання та методи дослідження процесу пористої екструзії ПВХ-оболонки

З метою дослідження процесу пористої екструзії одержували зовнішню тонкостінну пористу оболонку електричного кабелю з полівінілхлориду (ПВХ). Використовували типову технологічну лінію для екструзії оболонки кабелю. Технологічна лінія (рис. 3, а, б) складалася з екструдера, кутової екструзійної головки, ванни охолодження та пристрою для відбирання кабелю. Параметри процесу екструзії представлені в табл. 1.

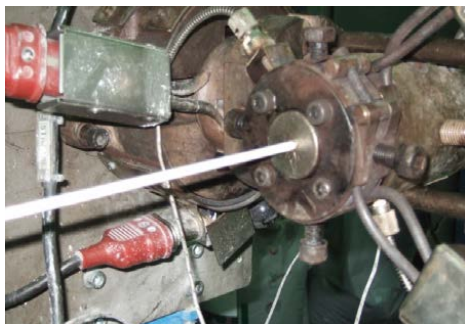
Таблиця 1

Параметри процесу екструзії кабельної оболонки з ПВХ

| Параметр | Екзотермічний пороутворювач | | | | Ендотермічний пороутворювач | | | |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|-----|
| | 170 | 175 | 185 | 190 | 150 | 155 | 165 | 175 |
| Температура по зонах циліндра екструдера, °С | 170 | 175 | 185 | 190 | 150 | 155 | 165 | 175 |
| Температура екструзійної головки, °С | 165 | | 175 | | 165 | | 175 | |
| Температура охолодження, °С | 16 | | | | 16 | | | |
| Тиск в циліндрі та екструзійній головці, МПа | 5–12 | | | | 7–12 | | | |
| Швидкість обертання шнека, хв ⁻¹ | 40–80 | | | | 40–80 | | | |
| Швидкість обертання приймального барабану, м/хв | 100 | | | | 100 | | | |



а



б

Рис. 3. Технологічна лінія для екструзії кабельної оболонки з ПВХ: а – технологічна лінія; б – екструзійна головка для нанесення ізоляційної оболонки

В роботі використовували полівінілхлорид марки Віра GK 70AS62-000 з наступними характеристиками: густина – 1330 кг/м^3 , твердість за Шором А – 90, водопоглинання – $0,25 \%$, міцність за розтягу – $14,5 \text{ МПа}$. Було використано два типи пороутворювачів у вигляді гранул, зокрема екзотермічний пороутворювач Hydrocerol PLC 751 та ендотермічний – Hydrocerol ВІН70, вміст яких у полімері становив від $0,2 \%$ до $1,0 \%$.

Hydrocerol ВІН70 містить 70% пороутворювача (суміш бікарбонату натрію і лимонної кислоти) і має температуру початку розкладу $140 \text{ }^\circ\text{C}$. Hydrocerol PLC 751 – це суміш на основі азодикарбонаміду з доданками. Продуктами розкладу цих пороутворювачів є діоксид вуглецю, незначна кількість води і азоту, а також екологічно безпечний бікарбонат натрію. Газоподібні продукти розкладу дифундують у навколишнє середовище під час процесу переробки.

Пороутворювачі було вибрано відповідно до природи полімеру (ПВХ) та використаної методики досліджень. Пороутворювач змішували з гранулами полімеру за допомогою механічної мішалки.

Фізичну структуру пористої оболонки кабелю досліджували методом комп'ютерного аналізу зображень за допомогою металографічного мікроскопа Vision DX 51 (Vision Engineering). Густина зразків пористого екструдату з ПВХ визначали за допомогою пікнометричного методу. Випробування на твердість були виконані методом Шора за допомогою твердоміра AFFRI, модель ART.13. Міцність за розтягу визначали на розривній машині марки 050/RT-601U японської фірми «Kimura Machinery». Використовували зразки пористої оболонки, з яких попередньо виймали мідний дріт. З метою визначення водопоглинання зразки

витримували у воді впродовж 168 ± 1 год, потім витримували в термошафі за $50 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ впродовж 24 ± 1 год.

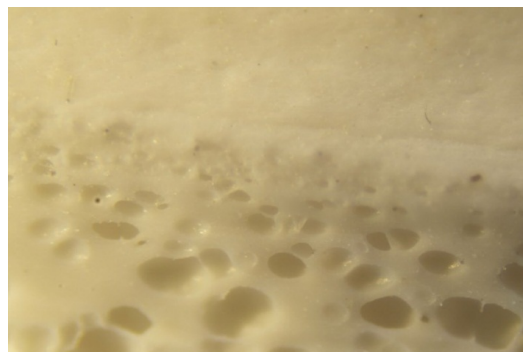
5. Результати досліджень структури та експлуатаційних властивостей пористої ПВХ-оболонки

Внаслідок процесу екструзії одержано електричний кабель (рис. 4) з одношаровою пористою ПВХ-оболонкою товщиною $1,3\text{--}2,0 \text{ мм}$ та зовнішнім діаметром $7,8\text{--}8,0 \text{ мм}$, що відповідає вітчизняним і міжнародним промисловим нормам.



Рис. 4. Поперечний переріз кабелю з ПВХ-оболонкою за вмісту пороутворювача (Hydrocerol ВІН 70) $0,4 \%$

На рис. 5 представлено мікрофотографії структури пористої оболонки з різними пороутворювачами.



а



б

Рис. 5. Мікрофотографія поперечного перерізу пористої оболонки кабелю з ПВХ за вмісту пороутворювача $0,6 \%$: а – Hydrocerol ВІН 70, б – Hydrocerol PLC 751

Результати досліджень густини, ступеня пористості, твердості, міцності за розтягу, водо- та оливопоглинання зразків пористої ПВХ-оболонки залежно від вмісту пороутворювача зведені в табл. 2.

Таблиця 2

Експлуатаційні властивості пористої ПВХ-оболонки залежно від вмісту пороутворювача

| № з/п | C, % | ε, % | ρ, кг/м ³ | Sh A | σ _r , МПа | W _w , % | W _o , % |
|--------------------|------|------|----------------------|------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Hydrocerol ВН 70 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1330 | 90 | 14,2 | 0,25 | 0,18 |
| 2 | 0,2 | 10 | 1200 | 89 | 12,4 | 0,22 | 0,20 |
| 3 | 0,4 | 15 | 1103 | 89 | 11,3 | 0,20 | 0,19 |
| 4 | 0,6 | 20 | 1059 | 89 | 11,2 | 0,20 | 0,15 |
| 5 | 0,8 | 28 | 1040 | 90 | 10,7 | 0,19 | 0,20 |
| 6 | 1,0 | 35 | 865 | 90 | 9,8 | 0,19 | 0,20 |
| Hydrocerol PLC 751 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1330 | 90 | 14,2 | 0,25 | 0,18 |
| 2 | 0,2 | 12 | 1170 | 90 | 12,0 | 0,24 | 0,20 |
| 3 | 0,4 | 16 | 1112 | 90 | 11,7 | 0,24 | 0,19 |
| 4 | 0,6 | 25 | 997 | 89 | 11,0 | 0,22 | 0,18 |
| 5 | 0,8 | 30 | 930 | 89 | 9,8 | 0,22 | 0,18 |
| 6 | 1,0 | 38 | 825 | 89 | 8,8 | 0,19 | 0,18 |

В табл. 2: C – вміст пороутворювача в матеріалі, %; ε – ступінь пористості зразків, %; ρ – густина зразків, кг/м³; Sh A – твердість зразків за Шором, тип А; σ_r – міцність зразків оболонки за розриву, МПа; W_w – водопоглинання зразків оболонки, %; W_o – оливопоглинання зразків оболонки, %.

Якість пористого платмасового виробу визначається ступенем пористості та густиною. В роботі отримано зовнішню оболонку кабелю із ступенем пористості від 10 до 38 % та густиною від 1200 до 825 кг/м³ залежно від типу та вмісту пороутворювача в полімері. Варто відзначити, що під час використання ендотермічного пороутворювача одержали виробу з дещо меншим ступенем пористості, ніж під час використання екзотермічного пороутворювача за однакового їх вмісту в полімері.

Результати досліджень міцнісних характеристик одержаних пористих оболонок відповідають вимогам, що ставляться до ізоляційних покриттів електричних кабелів. Міцність за розтягу пористих ПВХ-оболонок є лише на 20–30 % нижчою, ніж монолітних, і знаходиться в межах 8,8–12 МПа (табл. 2). В той же час, пороутворення практично не впливає на твердість

зовнішньої монолітної поверхні ПВХ-оболонки одержаних кабелів (табл. 2).

Під час використання в процесі екструзії ендотермічного пороутворювача водопоглинання пористих ПВХ-оболонок за вмісту пороутворювача 0,8 і 1,0 % зменшується на 24 % порівняно із монолітною оболонкою, а за використання аналогічних концентрацій екзотермічного пороутворювача – водопоглинання зменшується відповідно на 16 і 24 %. Одночасно ступінь пористості таких оболонок складає від 28 до 38 %. Зменшення водопоглинання пористих ПВХ-оболонок порівняно з монолітними пояснюється монолітною зовнішньою поверхнею пористих оболонок, а також тим, що утворені пори заповнені повітрям і блокують проникнення вологи всередину матеріалу. Встановлено, що пороутворення майже не впливає на оливопоглинання одержаних оболонок.

5. Висновки

Природа та концентрація використаних для досліджень пороутворювачів підібрана таким чином, що за вказаних умов проведення процесу екструзії ПВХ-оболонки, одержано оболонку електричного кабелю з монолітною зовнішньою поверхнею та пористим внутрішнім шаром. Зовнішній вигляд та розміри такої оболонки кабелю відповідають вітчизняним та міжнародним промисловим нормам. В результаті досліджень встановлено оптимальні технологічні параметри процесу екструзії пористої оболонки для кожного з типів пороутворювача.

Встановлено, що тип та вміст пороутворювача в полімерній композиції впливають на окремі експлуатаційні характеристики одержаної ПВХ-оболонки, зокрема із зростанням кількості пороутворювача зменшуються міцність та водопоглинання оболонки. Отже, одержана пориста полімерна оболонка електричного кабелю відзначається меншою на 20–30 % масою, нижчим водопоглинанням, аналогічною твердістю та оливопоглинанням, і лише на 20 % нижчою міцністю, ніж монолітна ПВХ-оболонка.

Використання в процесі екструзії ПВХ-оболонки електричного кабелю ендотермічних пороутворювачів у кількості 0,2–0,8 % та екзотермічних пороутворювачів у кількості 0,4–0,6 % дозволяють одержати високоякісний виріб, собівартість якого є значно нижчою, ніж монолітної ПВХ-оболонки. Отже, використання процесу пористої екструзії у виробництві оболонок електричних дротів і кабелів дозволяє значно зменшити матеріальні та енерго витрати.

Література

1. Bociąga, E. Wpływ zawartości poroforu i warunków wtryskiwania na wybrane właściwości i stan powierzchni wyprasek z polipropylenu [Text] / E. Bociąga, P. Palutkiewicz // Polimery. – 2012. – Vol. 57, Issue 1. – P. 38–42. doi: 10.14314/polimery.2012.038
2. Garbacz, T. Structure and properties of cellular injection molded products [Text] / T. Garbacz // Polimery. – 2013. – Vol. 58, Issue 4. – P. 295–303. doi: 10.14314/polimery.2013.295
3. Tejada, E. H. Morphology and mechanical properties of foamed polyethylene–polypropylene blends [Text] / E. H. Tejada, C. Z. Sahagún, R. González-Núñez, D. Rodrigue // Journal of Cellular Plastics. – 2005. – Vol. 41, Issue 5. – P. 417–435. doi: 10.1177/0021955x05056959
4. Dulebova, L. Thermal analyzes of polymer composites [Text] / L. Dulebova, T. Garbacz // Transfer innovacii. – 2013. – Vol. 26. – P. 130–134.
5. Evaluate the effectiveness of the extrusion process [Text] / L. Kaščák (Ed.) // Presented at Conference PRO-TECH-MA 2012. – Her'ľanyKošice: Technical University of Košice, 2012. – P. 180–185.

- Okamoto, K. T. Microcellular processing [Text] / K. T. Okamoto. – Munich: Carl Hanser Verlag, 2003.
- Sikora, J. W. Impact of feed opening width and position on PVC extrusion process effectiveness [Text] / J. W. Sikora, B. Samujlo // International Polymer Processing. – 2013. – Vol. 28, Issue 3. – P. 291–299. doi: 10.3139/217.2729
- Qiong, Z. Exo-endothermic blowing agent and its foaming behavior [Text] / Z. Qiong, C. Chuan-Bo // Journal of Cellular Plastics. – 2005. – Vol. 41, Issue 3. – P. 225–234. doi: 10.1177/0021955x05053521
- Žach, P. Studies of cellular plastics used for the production of car seats [Text] / P. Žach. – Plastics and Chemistry, 2006. – P. 11–12.
- Samujlo, B. The impact of selected granulometric properties of poly(vinyl chloride) on the effectiveness of the extrusion process [Text] / B. Samujlo, J. W. Sikora, B. Samujlo // Journal of Polymer Engineering. – 2013. – Vol. 33, Issue 1. – P. 77–85. doi: 10.1515/polyeng-2012-0100
- Sikora, J. W. Screw extrusion [Text] / J. W. Sikora; T. Sabu, W. Yang. – Advances in polymer processing. From macro to nanoscales. – Oxford-Cambridge-New Delhi : Woodhead Publishing Limited, 2009.

Вивчені процеси одержання фератів(VI) лужних металів у присутності Хрому та його сполук, що містяться у вихідній сировині. Встановлено, що часто протягом синтезу домішки Хрому із залізовмісних компонентів переходять як у лужний розчин, так і у кристалічні ферати у вигляді оксоаніону CrO_4^{2-} . Запропоновано технологічні рішення для мінімізації накопичення сполук Cr(VI) у цільовому продукті

Ключові слова: синтез фератів(VI), домішки Хрому, забруднення хроматами, визначення Cr(VI) , ступінь перетворення

Изучены процессы получения ферратов(VI) щелочных металлов в присутствии хрома и его соединений, содержащихся в исходном сырье. Установлено, что часто в ходе синтеза примеси хрома из железосодержащих компонентов переходят как в щелочной раствор, так и кристаллические ферраты в виде оксоаниона CrO_4^{2-} . Предложены технологические решения для минимизации накопления соединений Cr(VI) в целевом продукте

Ключевые слова: синтез ферратов(VI), примеси хрома, загрязнение хроматами, определение Cr(VI) , степень превращения

УДК 661.872

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.42634

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА НА СИНТЕЗ ФЕРРАТОВ(VI) ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Д. А. Головко

Кандидат химических наук, доцент
Кафедра технологии
неорганических веществ и экологии
Украинский государственный химико-
технологический университет
пр. Гагарина, 8,
г. Днепропетровск, Украина, 49005
E-mail: golovkod@mail.ru

1. Введение

Интерес к ферратам(VI) щелочных металлов, обладающих одним из самых больших редокс-потенциалов (2,2 В) и высокой реакционной способностью постоянно растет, что открывает перспективу их широкого применения для нужд промышленной экологии, органического синтеза, производства источников энергии и т. п. [1–3]. Несмотря на неоспоримые преимущества использования ферратов в различных областях, к настоящему времени применение производных Fe(VI) все еще не получило должного распространения, что обусловлено их относительно высокой себестоимостью по сравнению с такими традиционными окислителями, как хлор, пероксид водорода, гипохлорит натрия и др. Естественно, что снижение затрат может быть достигнуто как за счет усовершенствования и разработки новых технологий получения ферратов [1, 4], так и при использовании более дешевых реагентов

для синтеза, в частности различных производственных отходов. Последний путь представляется весьма многообещающим, и именно ему в последнее время уделяется повышенное внимание [5–8]. Однако, при этом необходимо учитывать, что если концентрация сопутствующих примесей, например, соединений тяжелых металлов, в исходном сырье завышена, то и целевой продукт может быть также загрязнен их производными.

Представленная статья посвящена изучению особенностей получения ферратов(VI) в присутствии примесей, содержащихся в исходном сырье.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Несмотря на большое число публикаций, посвященных теоретическим и прикладным аспектам