

УДК 678.01:537.311.3

Сень О.В., Березненко Н.М., Новак Д.С.

**ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОДЕРЖАННЯ СТРУМОПРОВІДНИХ ПЕ
КОМПОЗИЦІЙ НА БАЗІ ЕКСТРУЗІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Київський національний університет технологій та дизайну,

Київ, вул. Немировича-Данченка 2, 01011

Sen O.V., Bereznenko N.M., Novak D.S.

**TECHNOLOGICAL PROCESS OF OBTAINING CONDUCTORS PE
COMPOSITIONS ON THE BASE OF EXTRUSION EQUIPMENT**

Kyiv National University of Technologies and Design,

Kyiv, str. Nemirovich-Danchenko 2, 01011

Анотація. В роботі розглядається схема виробництва струмопровідних композицій на основі поліетилену, що наповнені обмідненим графітом, вуглецевими нанотрубками, графітизованою сажею та їх сумішами.

Ключові слова: ПЕ, графітизована сажа, концентрат, екструдер, стренгова грануляція, обміднений графіт, вуглецеві нанотрубки.

Abstract. In this paper we describe the scheme of conductive compositions based on polyethylene, which are filled with copper graphite, carbon nanotubes, graphitized carbon black and mixtures thereof.

Key words: PE, graphitized carbon black concentrate, extrusion, granulation strenhova, copper graphite, carbon nanotubes.

Технологічний процес одержання струмопровідного поліетиленового композиційного матеріалу з наповненням обмідненим графітом, вуглецевими нанотрубками, графітизованою сажею, а також їх сумішами складається з двох стадій:

1) отримання концентрату наповнювачів для кращої якості змішування і розподілу наповнювачів в ПЕ;

2) введення до розплаву поліетилену концентрату наповнювача і одержання стренг.

На основі проведених досліджень, які зроблені в розділах 2, 3, 4, розроблено технологічну схему виготовлення струмопровідного композиційного матеріалу, наводиться на рис. 1.

Отримання концентрату наповнювачів для кращої якості змішування і розподілу наповнювачів в ПЕ

З бункерів 1 і 2 з різними наповнювачами (обміднений графіт та ВНТ або графітізована сажа та ВНТ), якщо наповнювач складається з двох компонентів, матеріали поступають на вагові дозатори 9 та 19, з них подаються у лопатевий змішувач 5. Після змішування суміш потрапляє на ваговий стрічковий дозатор 6, транспортується до завантажувальної зони черв'ячно-дискового екструдера (ЕКЧД – 90/185) 7, технічні характеристики якого приведені в табл.1. і продуктивність якого, пов'язана з продуктивністю дозаторів. У разі використання однокомпонентного наповнювача тільки з одного бункера 1 через дозатор добавка транспортується до завантажувальної зони екструдера 7. Одночасно з бункера 8 за допомогою вагового шнекового дозатора 9 поліетилен транспортується до завантажувальної зони екструдера 7. Температура в дисковій зоні екструдера складає 180 °С, а в черв'ячній зоні – 190 °С. Розплав наповненого полімеру протискується крізь стренгову голівку 10. Одержані стренги поступають в охолоджуючий пристрій 11, де відбувається їх охолодження у водяній ванні до температури 30 – 40 °С, і через обдувку 12 за допомогою гарячого повітря висушені стренги потрапляють в гранулятор 13, який представляє собою обертаючі фрези, і ріжуться на певну довжину, а потім гранули надходять до накопичувального бункера 14.

Таблиця 1

Технічні характеристики екструдера ЕКЧД 90/185

Показник	Значення
Зовнішній діаметр диска, мм	185
Частота обертання диска, с ⁻¹	3,33
Продуктивність дискової зони, кг/год	85,5
Зовнішній діаметр черв'яка, мм	90
Частота обертання черв'яка, хв ⁻¹	40
Продуктивність черв'ячної зони, кг/год	87,8
Потужність електропривода диска, кВт	23,2
Потужність електроприводу черв'яка, кВт	2,3

Введення до розплаву поліетилену концентрату наповнювача і одержання стренг

З накопичувального бункера 14 через ваговий стрічковий дозатор 15 концентрат поступає до завантажувальної зони 16 двохшнекового екструдера ZSK-83 17. Технічні характеристики якого наведено в табл. 2. Вздовж цього екструдера встановлено сім зон обігріву, в яких температура підтримується на рівні значень, що наведені у табл. 3 (ці значення визначено експериментальним шляхом в ході виконання даної роботи). В той же час з бункеру 18 через шнековий дозатор 19 до завантажувальної зони 16 екструдера 17 подається поліетилен. Гранули ПЕ і концентрату розплавляються і змішуються між собою, відбувається гомогенізація всіх компонентів в зоні дозування екструдера 17. Розплав потрапляє до стренгової головки 20. Виходячи з головки, стренги поступають на охолоджуючий пристрій 21, де відбувається їх охолодження у водяній ванні. Охолоджені стренги через обдувку повітрям 22 поступають на намотувальний пристрій 23, де намотуються на котушку і пакуються для транспортування на склад.

Таблиця 2

Технічні характеристики двохшнекового екструдера ZSK-83

Характеристика	Чисельне значення
Діаметр шнека, D, мм	83
Потужність електродвигуна, кВт	193
Сила струму, А	24
Продуктивність, кг/год	50
Частота обертання, хв ⁻¹	10
Відношення робочої довжини до діаметру, L/D	20
Частота обертання шнека об/хв.	40
Глибина каналу нарізки, мм	7,5
Ширина гребня нарізки, мм	6

Таблиця 3

Розподілення температури обігріву по зонах вздовж двохшнекового екструдера ZSK-83

Зона обігріву	1	2	3	4	5	6	7
Температура, °С	200	195	190	190	190	185	180

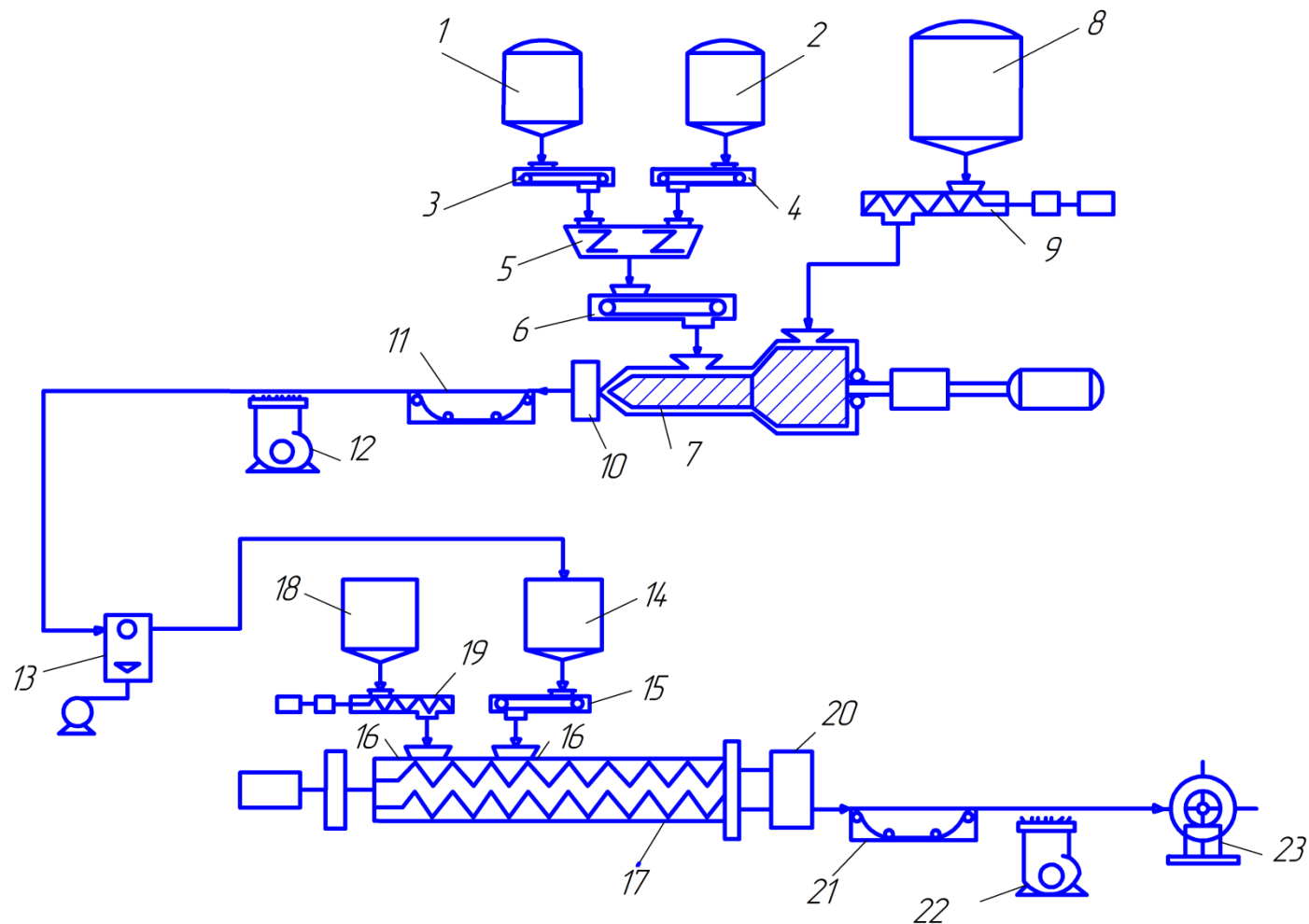


Рис.1.Схема виробництва струмопровідних композицій на основі поліетилену, що наповнені обмідненим графітом, вуглецевими нанотрубками, графітисловою сажею та їх сумішами:

1, 2, 8, 18 – бункери; 3, 4, 6, 15 – стрічкові дозатори; 11, 21 – охолоджуючі пристрої; 12, 22 – обдувка повітрям; 5 – лопатевий змішувач; 7 – черв'ячно-дисковий екструдер; 9 – ваговий шнековий дозатор; 10 – головка екструдера; 13 – гранулятор; 14 – накопичувальний бункер; 19 – шнековий дозатор; 16 – завантажувальна зона екструдера ZSK – 83; 17 – екструдер ZSK – 83; 20 – стренгова головка; 23 – намотувальний пристрій.

Рекомендації щодо складу та технологічних параметрів з виготовлення струмопровідних ПЕ композиційних матеріалів.

Одержання полімерного композиційного матеріалу на основі ПЕ, що здатний проводити електричний струм, складається з двох операцій: 1) отримання концентрату наповнювачів для кращої якості змішування і розподілу наповнювачів в ПЕ; 2) введення до розплаву поліетилену концентрату наповнювача і одержання стренг.

Вміст наповнювача повинен коливатися від 5 до 30 % через те, що до 5 % наповнювача у композиції основні властивості матеріалу мають різкий характер перемін, а з 5 % до 30 % значення показників властивостей більш менш вирівнюються, але при збільшенні вмісту наповнювача (після 30 %) відбувається погіршення технологічності матеріалу при переробці, а кінцевий виріб стає крихким. Результати досліджень, які були проведені по даній роботі, показали, що при додаванні наповнювача у кількості 30 % виявлено найкращі струмопровідні властивості матеріалу.

Нові композиційні матеріали на основі поліетилену, який модифікований обмідненим графітом, графітизованою сажею, вуглецевими нанотрубками та їх сумішшю, мають бути одержані при умовах кращого змішування та в строго визначених пропорціях. Тому перед отриманням кінцевого продукту – стренг, одержують концентрат у складі 70 % поліетилену і 30 % наповнювача.

Для отримання концентрату в технологічній лінії одержання струмопровідних стренг з композиції на основі поліетилену та наповнювачів – обмідненого графіту, графітизованої сажі, вуглецевих нанотрубок та їх сумішей, використовують черв'ячно-дисковий екструдер ЕКЧД-90/185. До бункеру завантаження цього екструдера завантажують гранули ПЕ, які розплавляються у диску, і крізь додатковий отвір корпусу до розплаву ПЕ подається наповнювач.

Параметри одержання концентрату є такими:

- | | |
|---------------------------------|----------|
| - температура зони нагріву, °С | - 190; |
| - швидкість оберту диска, об/хв | - 250; |
| - зазор між дисками, мм | - до 10; |

- продуктивність, кг/год

- 25.

Швидкість обертів диска не повинна бути більше 500 об/хв тому, що при збільшенні цієї швидкості відбувається механодеструкція полімеру і в результаті одержуємо концентрат не у вигляді гранул, а крихкий матеріал.

Для кращої гомогенізації розплаву з ПЕ композиції, що проводить електричний струм, та одержання стренг необхідного діаметру використовується двохшнековий екструдер ZSK-83.

Такі листи можуть бути використані у таких сферах:

Полімерні композиції, що мають 95 % мас. ПЕ та 5 % мас. обмідненого графіту, 90 % мас. ПЕ та 10 % мас. ВНТ, є антистатичними матеріалами, які можуть використовуватися в якості антистатичних покриттів (питомий електричний об'ємний опір знаходиться у межах $10^6 - 10^9$ Ом·м).

Полімерні композиції, що мають 95 % мас. ПЕ та 5 % мас. ВНТ, 95 % мас. ПЕ та 5 % мас. графітیزованої сажі, є напівпровідниками та екрануючими матеріалами від електромагнітних випромінювань (питомий електричний об'ємний опір знаходиться у межах $10^6 - 10^2$ Ом·м).

Полімерні композиції, що мають 70 % мас. ПЕ та 30 % мас. обмідненого графіту, 85 % мас. ПЕ та 15 % мас. графітیزованої сажі, 70 % мас. ПЕ та 30 % мас. графітیزованої сажі, 70 % мас. ПЕ та 25 % мас. обмідненого графіту та 5 % мас. ВНТ, – електропровідні композиційні матеріали, які можуть застосовуватися в мережах слабкострумовевого зв'язку (питомий електричний об'ємний опір знаходиться у межах $10^2 - 10^{-6}$ Ом·м).

Технологічний процес одержання полімерних листів з струмопровідним шаром

Для одержання полімерної композиції із поліетилену і струмопровідного шару використовується одношнековий екструдер ЧП 45×25 із плоскощілинною формуючою головкою.

Пропонується така схема отримання ПЕ листа зі струмопровідним шаром (рис. 2.).

Зі складу компонентів 1 гранули поліетилену 2 направляються на шнековий дозатор 5, а потім у завантажувальний бункер 11 одночерв'ячного екструдера 13, де гранули захоплюються черв'яками і направляються в зону плавлення. Обміднений графіт, який з бункера 3 направляється на шнековий дозатор 5, і поліуретановий лак з бункера 4, який поступає на тарілчастий живильник 6, перемішуються у лопатовому змішувачі 7. Бункер 11 обігривається приблизно до температури $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ для попередження зниження температури полімеру. Температура в екструдері 13 під час проходження через нього розплаву повинна складати $170\text{ }^{\circ}\text{C}$. Така температура потрібна через те, що поліетилен має низький коефіцієнт теплопровідності (до $0,15\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [138]). Цю температуру забезпечують нагрівачі 12. Обертання черв'яка здійснюється за допомогою редуктора 9 і електродвигуна 10.

Проходячи в зону завантаження екструдера, матеріал ущільнюється. В зоні плавлення відбувається плавлення матеріалу, а в зоні дозування полімер знаходиться в розплавленому в'язкотекучому стані. В кінці екструдера знаходиться сітка, яка розміщена на решітці для видалення з розплаву сторонніх частинок. Після видавлювання маси крізь плоскощілинну головку 14, яка обігривається нагрівачами 15, розплав попадає в зазор між верхнім і середнім валками трьохвалкового гладильного каландру 16, а потім – в зазор між середніми і нижніми валками, а після цього – на направляючі валки 17.

На каландрі заготовка калібрується по товщині, ущільнюється, розгладжується і частково охолоджується. При цьому на 1-ому валку каландра температура становить $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, на 2-ому $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ і на 3-ому $60 - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кінцеве охолодження заготовки здійснюється на рольгангах 18. Охолодження листа відбувається на рольгангу за допомогою вентиляторів високого тиску. Для отримання струмопровідного поверхневого шару з дозатора 18б на поверхню листа наноситься лак з обмідненим графітом, який проходить раклю 18а, за допомогою якої наноситься на лист струмопровідний шар певної товщини. Після цього лист з верхнім шаром поступає на прижимні валки 19, де відбувається остаточне регулювання товщини струмопровідного шару. Потім

лист поступає в термокамеру 21, де відбувається сушіння лаку. Випаровування вентилюються за допомогою витяжних вентиляторів 20, тому шкідливі речовини не попадають в приміщення. Сформований лист з верхнім шаром проходить крізь тягнучі валки 22, а встановлений пристрій для обрізки кромки 23 обрізає кромки і розрізає матеріал на полоси (і те, і інше при необхідності). Обрізані кромки поступають на подрібнювач кромки 24, розрізаються на полоси і пневмотранспортом транспортуються до подрібнювача відходів, який не входить до складу технологічної лінії.

Після пристрою для різки на полоси листовий матеріал по рольгангу 25 поступає на пристрій для поперечної різки 26, а потім листи укладаються в стопку на піддон прийомного пристрою 27. Після набору стопки листів визначеної висоти піддон оператором висовується на роликах за межі приймального пристрою, а на його місце встановлюється пустий піддон.

До листів пред'явлено певні вимоги: в матеріалі не допускаються тріщини, напливи, розриви і наскрізні отвори. Технологічна лінія передбачає випуск листів шириною 1200 мм, шириною полос 300-400 мм, товщиною 1-6 мм, де струмопровідний шар може складати від 0,05 мм до 1,0 мм. Довжина листа знаходиться в межах 800-1300 мм.

Властивості отриманих листів з струмопровідним шаром є такими: питомий поверхневий електричний опір від 450 до 700 Ом.

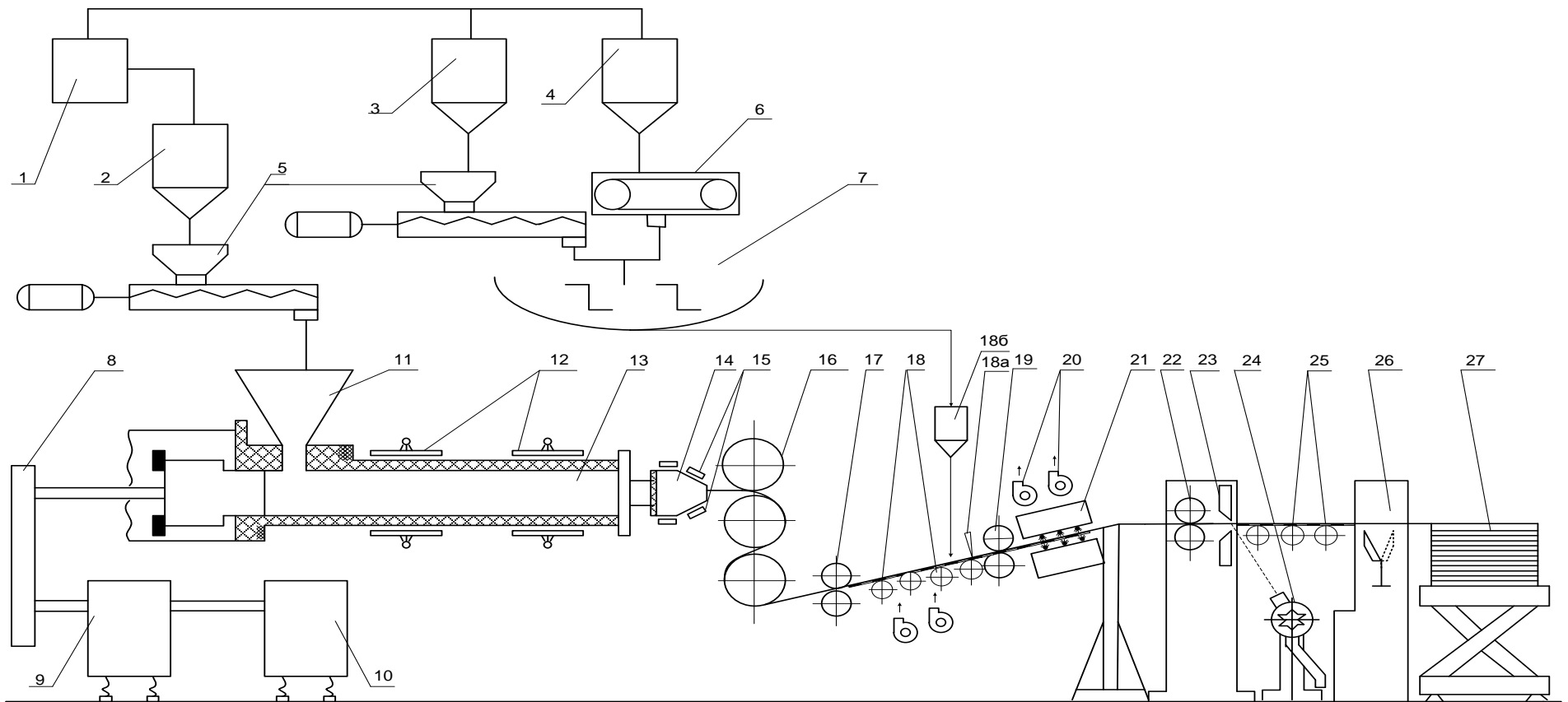


Рис. 2. Технологічна схема виробництва полімерних листів з струмопровідним шаром:

1 - склад компонентів; 2 - бункер з полімерними гранулами; 3 - бункер з обміднений графітом; 4 - бункер з поліуретановим лаком; 5 - шнековий дозатор; 6 - тарілчастий живильник; 7 - лопатевий змішувач; 8 - передача; 9 - редуктор; 10 - електродвигун; 11 - завантажувальний бункер; 12 - нагрівачі; 13 - екструдер; 14 - формуюча плоскощілинна головка; 15 - нагрівачі; 16 - валки гладильного каландру; 17, 22 - направляючі валки; 18, 25 - рольганг; 18а - ракля; 18б - бункер дозатор; 19 - прижимний валок; 20 - витяжні вентилятори; 21 - термокамера; 23 - пристрій для обрізки кромки; 24 - подрібнювач кромки; 26 - пристрій для поперечної різки; 27 - приймальний пристрій

Такі листи можуть бути використані, як напівпровідники та екрануючі матеріали від електромагнітних випромінювань, а також для створення малопотужних низьковольтних плівкових електронагрівальних елементів (питомий електричний поверхневий опір знаходиться у межах $10^6 - 10^2$ Ом).

Література:

1. Гуль В.Е., Шенфиль Л.З. Электропроводящие полимерные композиции. -М.: Химия, 1984.-240 с.

2. Семко Л.С. Одержання та застосування композиційних матеріалів на основі полімерів та терморозширеного графіту // Хімічна промисловість України. - 1997. - № 4 - С. 50 - 53.

3. Мишак В.Д., Мамуня С.П., Лебедев С.В. Термопластичні металополімерні провідні композиції // Тезиси докладов Українско-Российского симпозиума по высокомолекулярным соединениям, посвященного памяти профессора Ю.С. Зайцева. - Донецк. - 2001. - С. 30.

4. Мамуня Є.П., Музиченко Ю.В., Шут М.Ш. Особливості електричної і термічної провідності в металополімерних композиціях // Тезиси докладов Українско-Российского симпозиума по высокомолекулярным соединениям, посвященного памяти профессора Ю.С. Зайцева. - Донецк. -2001.-С.141.

5. Семко Л.С., Черныш И.Г., Вовченко Л.Л., Мацуй Л.Ю. Электрофизические свойства композиционных материалов на основе полиэтилена и терморасширенного графита. // Пластические массы .-1991.-№2-С.20-23.

Стаття відправлена: 3.09.2014

© Сень О.В., Березненко Н.М., Новак Д.С.