

СМАЧИЛО ОКСАНА

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», м. Київ

<https://orcid.org/0009-0001-9875-901X>e-mail: [oksana.sma79@gmail.com](mailto:oksana.sma79@gmail.com)

## ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОГОНАЖНИХ ВИРОБІВ

Статтю присвячено удосконаленню технології одержання полімерних композицій для виготовлення погонажних виробів. Дослідження зосереджені на технології виготовлення полімерних композицій та аналізі фізичних та фізико-хімічних показників розплаву полімеру на основі полівінілхлориду, що впливають на експлуатаційні характеристики виробів з нього.

Ключові слова: полімерний композиційний матеріал, полівінілхлорид, стабілізатори, модифікатори, фізичні та фізико-механічні характеристики.

SMACHYLO OKSANA

Open International University of Human Development «Ukraine»

### TECHNOLOGIES OF THE SOLUTION OF POLYMER COMPOSITIONS FOR THE MANUFACTURE OF FUEL PRODUCTS

The work is devoted to the characteristics of the technologies for obtaining a polymer composition for the manufacture of decorative products. Research is focused on the technology of manufacturing polymer composite material based on polyvinyl chloride for the production of rigid pipes, fittings, sidings, windows and doors, profiles, fences, railings, various devices, valves, housings of inspection lights, ventilation ducts, fans, heat exchange equipment, parts of chemical equipment, laboratory devices and other products. The paper describes the manufacturing technology of the PVC composition and investigates the important performance characteristics of the polymer melt.

Three common technologies are presented, they are rolling, calendaring and extrusion. The most common material for the manufacture of polymer. This composition is most often obtained by the extrusion method, so this section focuses on this technology in more detail resin products is a polyvinyl chloride composition. The stiffness of the polymer is characterized by the modulus of elasticity during bending. To determine this indicator, samples of polymer material without irradiation and with UV irradiation for a certain period of time were used. When the content of chalk in the recipe increases, the hardness increases. All compositions are characterized by approximately the same character - with exposure to six hours, the modulus of elasticity decreases, and with further exposure, it begins to gradually increase. The combination of a filler and a polymer is the most powerful for use in PVC compositions in the manufacture of decorative products.

Key words: polymer composite material, polyvinyl chloride, stabilizers, modifiers, physical and physical-mechanical characteristics.

Погонаж відноситься до самих затребуваних будматеріалів. Така актуальність пояснюється його екологічною чистотою, міцністю і функціональністю. Сучасну людину оточують всілякі погонажні вироби з термопластів. Для їх отримання вихідні матеріали можуть піддаватися окисленню повітрям, механічному тиску, впливу високих температур і світла. Для збереження міцної структури всі ці фактори повинні регулюватися і дозуватися, щоб не відбувалося розривів хімічних зв'язків.

До складу пластмас часто вводяться стабілізатори для збільшення опору зносу і старіння, пластифікатори для отримання більш гнучких молекулярних ланцюгів, наповнювачі, що створюють різноманітність матеріалів і властивостей. Для виготовлення численних видів погонажних виробів використовують полівінілхлоридні (ПВХ) композиції. Вінілпласт, що виготовляють на основі ПВХ, використовують для виготовлення жорстких труб, фітінгів, сайдингів, вікон і дверей, профілів, парканів, перил, різних апаратів, вентилів, корпусів оглядових ліхтарів, вентиляційних повітрепроводів, вентиляторів, теплообмінної апаратури, деталей хімічної апаратури, лабораторних приладів та інших виробів. Плівковий вінілпласт застосовують для упакування ліків та харчових продуктів, для виготовлення обкладинок книг та папок, для електричних цілей.

В роботі [1] зроблено огляд матеріалів, присвячених дослідженню процесу та обладнання для виробництва погонажних виробів з полімерного розплаву методом вільного екструзійного формування з урахуванням в'язкопружних властивостей, вирішення проблеми неоднорідності форми поверхні і перетину екструдату шляхом оптимізації геометрії формуючого інструмента.

**Метою даної роботи** було охарактеризувати основні технології виготовлення полімерних композицій та дослідити фізичні та фізико-хімічні показники розплаву полімеру на основі полівінілхлориду, що впливають на експлуатаційні характеристики виробів з нього.

Першим етапом дослідження було визначення текучості розплаву ПВХ композиції та міцності на розрив. Для отримання якісної ПВХ композиції до її складу входять близько десяти компонентів, які, в свою чергу, виконують певні функції. Різні такі компоненти виконують роль пластифікаторів, термостабілізаторів, світлостабілізаторів, антиоксидантів, наповнювачів, барвників, модифікаторів тощо.

Одним із важливих показників, що характеризує полімерну композицію, є показник текучості розплаву (ПТР) [2]. З метою дослідження текучості полімеру проводився аналіз співвідношення крейди, як наповнювача, на показник текучості розплаву. Аналіз проводився при п'яти температурних режимах з метою визначення найбільш вдалого, а також з метою відпрацювання режиму повторної переробки полімеру. Крейда викостовувалася марки Мікрокарб 90Т у співвідношення наповнювач/полімер 10/100, 25/100, 40/100. Залежність показника текучості від вмісту крейди наведені в таблицях 1, 2, 3.

Таблиця 1

**Залежність показника текучості розплаву (ПТР, г/10 хв.) для суміші з вмістом крейди 10 м.ч./100 м.ч. ПВХ в залежності від температури (Т, °С)**

|                 |     |      |      |     |     |
|-----------------|-----|------|------|-----|-----|
| Температура, °С | 175 | 180  | 185  | 190 | 195 |
| ПТР             | 0,3 | 0,55 | 1,45 | 2,6 | 3,5 |

Таблиця 2

**Залежність показника текучості розплаву (ПТР, г/10 хв.) для суміші з вмістом крейди 25 м.ч./100 м.ч. ПВХ в залежності від температури (Т, °С)**

|                 |     |      |     |     |     |
|-----------------|-----|------|-----|-----|-----|
| Температура, °С | 175 | 180  | 185 | 190 | 195 |
| ПТР             | 0,3 | 0,85 | 1,6 | 3,2 | 5,1 |

Таблиця 3

**Залежність показника текучості розплаву (ПТР, г/10 хв.) для суміші з вмістом крейди 40 м.ч./100 м.ч. ПВХ в залежності від температури (Т, °С)**

|                 |      |     |      |      |     |
|-----------------|------|-----|------|------|-----|
| Температура, °С | 175  | 180 | 185  | 190  | 195 |
| ПТР             | 0,15 | 0,6 | 1,05 | 2,25 | 3   |

З даних таблиць можна побачити, що збільшення кількості крейди з 10 м.ч. до 25 м.ч. призводить до збільшення показника текучості розплаву, а отже зменшення в'язкості композиції, але при подальшому збільшенні вмісту крейди спостерігається значне зменшення показника текучості розплаву, що може призвести до підвищення дисипація енергії, підвищеної вірогідності механодеструкції та значних шляхових втрат тиску, що ускладнює процес переробки третьої композиції.

Для визначення міцності на розрив зразки були отримані за допомогою капілярного пластометра на капілярі довжиною 8,0 мм, діаметром 2,0 мм, при температурах 180°C та 190 °С і навантаженні 196 Н. Отримані результати наведені в таблиці. 4

Таблиця 4

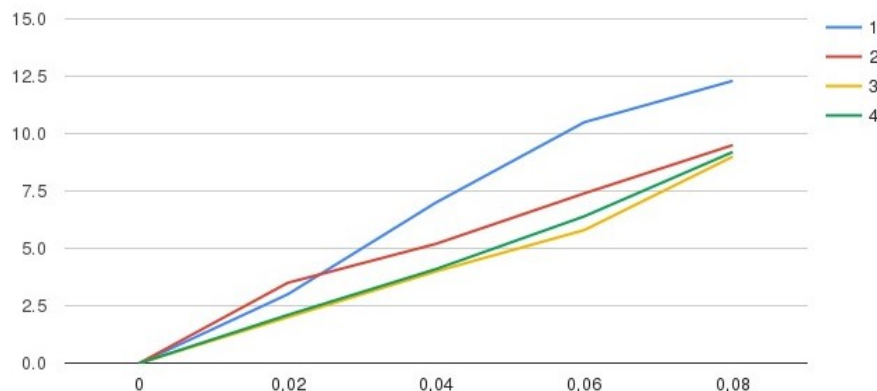
**Залежність міцності на розрив композиції на основі вторинного ПВХ для температури 180 °С та 190 °С, від масової частки крейди в композиції**

|                      |                    |      |      |
|----------------------|--------------------|------|------|
| Рецептури композицій | 1                  | 2    | 3    |
| Температура, °С      | Міцність на розрив |      |      |
| 180                  | 69,3               | 67,7 | 62,5 |
| 190                  | 68,8               | 66,9 | 63,4 |

З отриманих даних видно, що введення дисперсного наповнювача призводить до зниження міцності за рахунок зменшення площі питомої поверхні поперечного перерізу полімеру та відсутності армуючого ефекту, це підтверджується лінійним зменшенням міцності на розрив композицій на основі дисперсних наповнювачів таких, як мармур та крейда.

Наступним етапом роботи було визначення модуля пружності після УФ-опромінення. Важливою властивістю композицій на основі ПВХ є жорсткість, яку характеризують за модулем пружності при згинанні [3, 4]. Для отримання значень модуля пружності були проведені дослідження на згинання на експериментальному стенді. Зразки були отримані на експериментальній екструзійній лінії та опромінені в камері для УФ-опромінення.

Криві деформації (рис. 4-6) були побудовані за результатами обробки експериментальних даних за допомогою формул. Для розрахунку модуля пружності за формулами з кривих деформації були отримані відповідні значення напруги при згинанні та відносної деформації.



**Рис. 1. Графік залежності напруги при згинанні ( $\sigma$ , МПа) від відносної деформації при згинанні ( $\epsilon$ , %) полімерної композиції з вмістом крейди 10 м.ч. на 100 м.ч. ПВХ: 1 - без опромінення; 2 - 2 години; 3 - 4 години; 4 - 6 годин**

З отриманого графіку видно, що із збільшенням напруги при згинанні відносна деформація при згинанні збільшується. Проте, спостерігається, що показники напруги при згинанні разку без опромінення вищі, ніж зразків, що підлягали опроміненню. Аналогічна тенденція спостерігалася і в композиціях з вмістом крейди 25 м.ч. на 100 м.ч. ПВХ та 40 м.ч. на 100 м.ч. ПВХ.

На основі отриманих значень (табл. 4) була побудована залежність (рис.5) модуля пружності від часу знаходження зразків під впливом УФ опромінення для трьох композицій на основі вторинного НПВХ.

Таблиця 5

#### Значення модуля пружності

| Рецептури композицій  | 1                     | 2    | 3     |
|-----------------------|-----------------------|------|-------|
| Час опромінення, год. | Модуль пружності, МПа |      |       |
| 0                     | 2850                  | 2698 | 3202  |
| 2                     | 2643                  | 2256 | 3002  |
| 4                     | 2462                  | 2116 | 2886  |
| 6                     | 2353                  | 2138 | 2690  |
| 8                     | 2480                  | 2262 | 2750  |
| 10                    | 2523                  | 2318 | 28550 |
| 12                    | 2601                  | 2435 | 2903  |

З наведених даних видно, що при збільшенні вмісту крейди в рецептурі жорсткість збільшується й що для всіх композицій властивий приблизно однаковий характер – при опроміненні до шести годин модуль пружності спадає, а при подальшому опроміненні починає поступово зростати. Цей ефект можна було б пояснити зшиванням під дією високих енергій УФ-опромінення. Хоча криві залежності мають приблизно однаковий характер поведінки, можна побачити що для другої композиції, що містить 30 м.ч. 60 крейди спостерігається більш «полого» зменшення модуля пружності, а отже й жорсткості композиції.

Отже, в даному розділі розглядалися технології виготовлення полімерної композиції для погонажних виробів. Наведені три поширені технології, це вальцювання, каландрування та екструзія. Найбільш поширеним матеріалом для виготовлення полімерних погонажних виробів є полівінілхлорид на композиція. Цю композицію найбільш часто отримують методом екструзії, тому в цьому розділі на даній технології зосереджено більш детально.

Полівінілхлоридна композиція може нараховувати до десяти складників, які, в свою чергу, формують її властивості. Для контролю усадки і теплової деформації в полімер вводять наповнювач у вигляді крейди, тальку та інших аналогів. Проаналізувавши отримані показники текучості розплаву прийшли висновку, що найбільш вдалим співвідношенням масових частин крейди та полімеру стосовно реологічних властивостей композиції є 25 м.ч./100 м.ч.

#### Висновки

Проаналізувавши отримані дані залежності міцності на розрив композиції на основі вторинного ПВХ для температури 180 °С та 190 °С, від масової частки крейди в композиції, можна зробити висновок, що введення дисперсного наповнювача призводить до зниження міцності полімеру. Але різниця показників при вмісті крейди та полімеру 10 м.ч./100 м.ч. та 25 м.ч./100 м.ч. не велика, тому для формування складу композиції рекомендовано брати 25 м.ч. крейди. Підвищення температури також покращує результат.

Жорсткість полімеру характеризується модулем пружності при згинанні. Для визначення даного показника використовувалися зразки полімерного матеріалу без опромінення та при УФ-опроміненні протягом певного періоду часу. При збільшенні вмісту крейди в рецептурі жорсткість збільшується. Для всіх композицій властивий приблизно однаковий характер – при опроміненні до шести годин модуль пружності спадає, а при подальшому опроміненні починає поступово зростати. Хоча криві залежності мають приблизно однаковий характер поведінки, можна побачити що для другої композиції, що містить 25 м.ч. крейди спостерігається більш «полого» зменшення модуля пружності, а отже й жорсткості композиції. Таким чином таке поєднання наповнювача та полімеру є найбільш вдалим для використанні у ПВХ композиції при виготовленні погонажних виробів.

#### Література

1. Коваленко К.Г. Екструзійне формування погонажних виробів з полімерних матеріалів з урахуванням їх в'язкопружних / К.Г. Коваленко. – К. : НТУ, 2018. – 173 с.
2. Акимов О. О. Дослідження процесу формування погонажних виробів з жорсткого ПВХ на екструзійній лінії ЛП-45 / О. О. Акимов, Г. М. Коваленко, К. Г. Коваленко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – 2012. – С. 35-39.
3. Суберляк О.В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів: підруч. / О.В. Суберляк, П.І. Баштанник. – Львів : Растр-7, 2007. – 307 с.
4. Пахаренко В.А. Переробка полімерних композиційних матеріалів / В.А. Пахаренко, Р.А. Яковлева, А.В. Пахаренко. - К. : Воля, 2006. – 552 с.

5. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Київ : 2006. - 270 с.
6. Суберляк О. В. Теоретичні основи хімії та технології полімерів : навч. посіб. / О.В. Суберляк, В.Й. Скорохода, Н.Б. Семенюк. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2014. – 336 с.
7. Колосов О. Є. Одержання високоякісних традиційних та наномодифікованих реактопластичних полімерних композиційних матеріалів / О. Є. Колосов. – К. : Політехніка, 2015. – 227 с.

#### References

1. Kovalenko K.H. Ekstruziine formuvannia pohnazhnykh vyrobiv z polimernykh materialiv z urakhuvanniam yikh viazkoprzhnykh / K.H. Kovalenko. – K. : NTU, 2018. – 173 s.
2. Akymov O. O. Doslidzhennia protsesu formuvannia pohnazhnykh vyrobiv z zhorstkoho PVKh na ekstruziinii linii LP-45 / O. O. Akymov, H. M. Kovalenko, K. H. Kovalenko // Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytet. Seriia : Tekhnichni nauky. – 2012. – S. 35-39.
3. Suberliak O.V. Tekhnolohiia pererobky polimernykh ta kompozytsiinykh materialiv: pidruch. / O.V. Suberliak, P.I. Bashtannyk. – Lviv : Rastr-7, 2007. – 307 s.
4. Pakharenko V.A. Pererobotka polimernykh kompozytsiinykh materialiv / V.A. Pakharenko, R.A. Yakovleva, A.V. Pakharenko. - K. : Volia, 2006. – 552 s.
5. Suberliak O.V., Bashtannyk P.I. Tekhnolohiia pererobky polimernykh ta kompozytsiinykh materialiv. – Kyiv : 2006. - 270 s.
6. Suberliak O. V. Teoretychni osnovy khimii ta tekhnolohii polimeriv : navch. posib. / O.V. Suberliak, V.I. Skorokhoda, N.B. Semeniuk. – Lviv : Vyd-vo Lvivskoi politekhniki, 2014. – 336 s.
7. Kolosov O. Ye. Oderzhannia vysokoiakisnykh tradytsiinykh ta nanomodyfikovanykh reaktoplastychnykh polimernykh kompozytsiinykh materialiv / O. Ye. Kolosov. – K. : Politekhnik, 2015. – 227 s.