

РОЗДІЛ III. ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.25140/2411-5363-2024-4(38)-214-221

УДК 678.029.5: 669

Олексій Юрійович Полоз¹, Юрій Рахміслевич Ебіч²

¹ кандидат технічних наук, докторант кафедри технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів Український державний університет науки і технологій. Навчально-науковий інститут «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

E-mail: ua.apolo@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5577-3869>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6505811695>

² доктор хімічних наук, професор кафедри технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів Український державний університет науки і технологій. Навчально-науковий інститут «Український державний хіміко-технологічний університет» (Дніпро, Україна)

E-mail: ua.apolo@gmail.com **ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-7121-5573>

SCOPUS <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7801687360>

МЕТАЛОЕПОКСИДНІ КОМПОЗИЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВУЛКАНІЗАЦІЙНИХ ПРЕС-ФОРМ

Розроблено металоепоксидну композицію для виробництва елементів вулканізаційних прес-форм при виготовленні нестандартних та малосерійних виробів із гуми та пластмас. Доведено ефективність використання бідисперсного порошку алюмінію у складі металоепоксидних композицій для виробництва вулканізаційних прес-форм. Здійснено виробничу перевірку та впровадження наповненої бідисперсним порошком алюмінію металоепоксидної композиції при виготовленні прес-форм для вулканізації гумових елементів футерування ґрунтових насосів на ТОВ «Нові технології» (м. Дніпро).

Ключові слова: металополімерні елементи прес-форм; металоепоксидні композиції; комбінації отверджувачів; порошок алюмінію; теплостійкість; міцність при стисненні.

Табл.: 2. Рис.: 2. Бібл.: 20.

Актуальність теми дослідження. Виробництво полімерних виробів конструкційного призначення забезпечується використанням не тільки відповідних полімерних композицій, а також якісних прес-форм. Традиційно прес-форми для виробництва таких виробів виготовляються товстостінними з високоякісних вартісних сталей конструкційного призначення [1-2]. Для малосерійного виробництва з асортиментом, що постійно змінюється залежно від кон'юнктури ринку, використання таких прес-форм є економічно не вигідним. У цих умовах доцільне застосування комбінованих прес-форм із використанням сучасних композиційних матеріалів на основі феноло-формальдегідних, епоксидних смол, акрилатів та ін. з додаванням металевих наповнювачів (залізо, алюміній та ін.) та їх оксидів [3-4]. При цьому використовується виготовлення промоделі, форми, заповнення її металополімерною композицією з витримкою в формі до затвердіння, вилучення готової моделі [5]. Набуває певного сенсу та актуальності зменшення собівартості прес-форм при виготовленні їхньої формуючої поверхні з металополімеру, а основний силовий елемент – простої геометричної форми з більш дешевої сталі Ст3 [6]. Композиційний матеріал має високу адгезію до металевого каркаса, забезпечує рівномірне передавання теплової енергії до гумової суміші при вулканізації, має необхідний термін експлуатації за температур (145-160 °С) вулканізації виробів та циклічних змінах температур при нагріванні та охолодженні прес-форм, високу ремонтпридатність.

Постановка проблеми. Збільшення випуску необхідних малосерійних та нестандартних виробів із гуми і пластмас стримується необхідністю застосування відповідних прес-форм із вартісних конструкційних сталей із необхідною складною металообробкою, що є певною проблемою при швидкому переналадженні дільниць із

виробництва такої продукції. У цих умовах необхідним та доцільним є застосування спрощеної конструкції прес-форм з металополімерними елементами необхідної теплостійкості та здатних витримувати значне стиснення при виготовленні виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення теплостійкості полімерних, зокрема епоксидних, композицій є одним із важливих напрямів покращення їхніх експлуатаційних властивостей [7] при вирішенні певних технічних задач і розширенні сфер використання виробів із них. Аналіз останніх опублікованих робіт показав, що покращення експлуатаційної витривалості прес-форм з елементами полімерних матеріалів відбувається у двох напрямках – використання більш прогресивної технології виготовлення із застосуванням відповідної їхньої конструкції та полімерних композицій удосконаленого складу і структури. При удосконаленні технології та конструкції прес-форм для виготовлення виробів із гуми і пластмас набуває застосування пошаровий синтез фізичної копії на основі 3D-CAD-моделі [8], при якому стереолітографічна модель використовується для виготовлення оснащення із силіконового каучуку як майстер-моделі. Ця технологія використовується для виготовлення дрібних партій виробів із пластмас, що заливаються безпосередньо в силіконову форму [9]. Однак при застосуванні цієї технології спостерігається порушення точності моделей унаслідок недостатньої жорсткості форми із силіконового каучуку та незначний ресурс роботоздатності прес-форм. Удосконалення полімерних композицій, зокрема епоксидних, досягається застосуванням відповідних отверджувачів, що забезпечують утворення більш щільної тривимірної сітки, та формуванням дисперсної структури наповнювачів (дисперсні метали та їх оксиди, металеві нанонаповнювачі) з підвищеною теплопровідністю [10-17]. Для підвищення теплостійкості епоксидних композицій унаслідок формування більш щільної тривимірної сітки використовуються комбінації кислотного ангідриду, що містить фенілетинілкарбонільну групу, та імідної сполуки з фенілетинілкарбонільною групою на обох кінцях [10]. Щільність тривимірної сітки збільшується за рахунок полімеризації за участю фенілетинілкарбонільних груп, а полієнова структура, що сформувалася, і внутрішньомолекулярний імідний скелет підсилюють міжмолекулярну взаємодію. Реакція отвердження цієї системи проводиться за високих температур, °C: I стадія за 150-170, II стадія – за 250-300. Використання ціанатного ефіру і поліедричних олігомерних силесквіоксанів дозволяє збільшити теплостійкість отвердженої епоксидної композиції до 250 °C [13]. Значне покращення експлуатаційних, у тому числі й теплостійкості, властивостей епоксидних композитів досягається введенням у наповнені епоксидні композиції різних модифікаторів епоксидних смол, зокрема, 2,4-діамінотолуену [14]. Взаємодією епоксидної смоли з амінованим кремнеземом одержують високонаповнені епоксидні композити зі збільшеною на 100 °C теплостійкістю [15]. Однак відзначені системи отвердження та модифікації епоксидних композицій при забезпеченні їхньої високої теплостійкості є вартісними й малодоступними для широкого використання. Певна увага приділяється впливу розміру частинок і концентрації наповнювачів на властивості композитів [17]. При цьому в більшості публікацій поза увагою залишаються питання більш доступного покращення теплостійкості епоксидних композитів за рахунок підвищення щільності пакування металевих наповнювачів, що вводяться в них. Таким чином, формування щільно упакованої дисперсної структури наповнювачів дозволить підвищити теплостійкість та термін експлуатації металоепоксидних прес-форм.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проведений аналіз останніх опублікованих досліджень показав їх недостатню кількість унаслідок нерозповсюдження досягнутих певних результатів із підвищення експлуатаційних властивостей, зокрема, теплостійкості, епоксидних композицій, що становлять ноу-хау

провідних світових фірм (Loctite, Belzona та ін.). Одним із можливих доступних напрямів покращення теплостійкості епоксидних композицій і виробів із них є раціональне поєднання металевих наповнювачів різного ступеня дисперсності для забезпечення необхідних технологічних та експлуатаційних властивостей.

Метою статті є створення металоепоксидних композицій із підвищеною теплостійкістю та міцністю при стисненні для виготовлення елементів вулканізаційних прес-форм із застосуванням комбінацій отверджуючих агентів та дисперсного порошку алюмінію з підвищеною щільністю пакування частинок.

Виклад основного матеріалу. При проведенні досліджень металоепоксидні композиції виготовляли шляхом механічного змішування епоксидної діанової смоли CHS-Ероху 525 виробництва фірми Spolchemie, Чехія (епоксидний еквівалент 179-189 г/екв, динамічна в'язкість при 25°C 10-12 Па·с) та отверджувачів Poly7 виробництва фірми Tosoh Corporation, Японія (склад: поліетиленполіамін – 60-80 мас.%, пентаетиленгексамін – 10-30 мас. %, тетраетиленпентамін – 9 мас. %, амінне число 1200-1280 мг КОН/г) або модифікованого аліфатичного поліаміна Telalit 0343 виробництва фірми Spolchemie, Чехія (динамічна в'язкість при 25°C 0,8 Па·с, амінне число 1000 мг КОН/г) у комбінації з триетаноламініотитанатом TUZOR TEP виробництва фірми Dorf Ketal, США (динамічна в'язкість при 25°C 2800 мПа·с, вміст титану в перерахунку на TiO₂ не менше 13,8 мас. %) протягом 3-5 хв з наступним додаванням порошку алюмінію (ТУ 48-5-152-78) з розмірами частинок 240-450 мкм у кількості 200 мас.ч. на 100 мас.ч. смоли (монодисперсний) або 160-240 мкм у кількості 100 мас.ч. на 100 мас.ч. смоли + 240-450 мкм у кількості 200 мас.ч. на 100 мас.ч. смоли (бідисперсний) та змішуванням протягом 5-6 хв до отримання однорідної маси. З металоепоксидної композиції виготовляли стандартні зразки, які отверджували за попередньо встановленими оптимальними режимами: I стадія - 20°C×48 год, II стадія - 80°C×3 год + 100°C×3 год + 120°C×4 год для композицій з монодисперсним порошком алюмінію або: I стадія - 20°C×48 год, II стадія - 60°C×2 год + 100°C×3 год + 130°C×3 год для композицій із бідисперсним порошком алюмінію. Застосування бідисперсного порошку алюмінію відповідно до закономірностей формування дисперсних систем [18] дозволяє створити більш рівнощільнену структуру наповнювача в композиції внаслідок заповнення простору більш дрібними частинками між структурними порожностями більш крупнодисперсного.

Вибір епоксидної діанової смоли CHS-Ероху 525 зумовлений високими фізико-механічними властивостями композиційних матеріалів на основі діанових епоксидних смол, можливістю їх отвердження за звичайної температури (20 °C) без застосування енергоносіїв. Застосування поліаміну Poly7 у кількості 5 мас.ч. на 100 мас.ч. смоли (або Telalit 0343 у кількості 9 мас.ч. на 100 мас.ч. смоли) дозволяє проводити основний процес отвердження при 20 °C (20°C×48 год), необхідний для формування металоепоксидної складової прес-форми з достатньою міцністю для можливості вилучення з неї майстер-моделі, а для повного перебігу процесу отвердження та отримання необхідних експлуатаційних властивостей прес-форм за участю триетаноламініотитанату TUZOR TEP (у кількості 6 мас.ч. на 100 мас.ч. смоли) застосовували II стадію отвердження.

Фізико-механічні характеристики металоепоксидних композицій визначали після I та II стадій отвердження відповідно до діючих стандартів. Визначення життєздатності наповнених композицій, яка становила не менше 1 год за температури 20 °C, проводили для встановлення можливості формування металоепоксидної складової прес-форми.

На рис. 1 представлено вплив застосованих комбінацій отверджувачів на зміну міцності при розтягуванні як найбільш чутливої характеристики до сформованої тривимірної сітки композицій, наповнених 200 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидної смоли монодисперсним порошком алюмінію з розмірами частинок 240-450 мкм, за різних температур у промисловій

будівлі залежно від часу їх витримки при цих температурах. Наведені дані свідчать про необхідність коригування режиму отвердження металепоксидних композицій шляхом збільшення часу I стадії процесу при температурі 15 °С, як було встановлено, до 96 год для досягнення потрібної міцності при вилученні майстер-моделі із прес-форми.

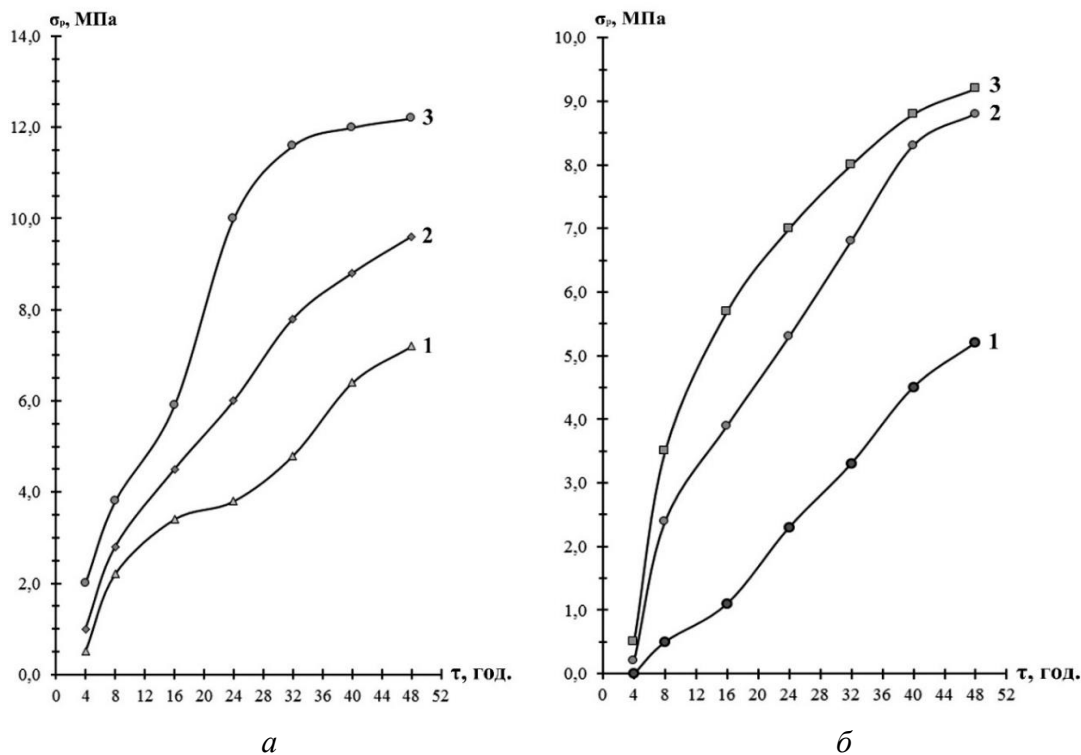


Рис. 1. Вплив температури першої стадії отвердження епоксидних композицій, наповнених 200 мас.ч. монодисперсним порошком алюмінію з розмірами частинок 240-450 мкм, на зміну їхньої міцності при розтягуванні σ_p з отверджувачами:

а – Telalit 0343 + TUZOR TEP; б – Poly7 + TUZOR TEP

Температури отвердження, °С: 1 – 15; 2 – 20; 3 – 30

Джерело: розроблено авторами.

Дані табл. 1 ілюструють зміну основних експлуатаційних характеристик металепоксидних композицій, наповнених монодисперсним порошком алюмінію з розмірами частинок 240-450 мкм, залежно від вмісту наповнювача та застосованих комбінацій отверджувачів. Наведені дані доводять перевагу застосування комбінації отверджувачів Telalit 0343 + TUZOR TEP при отвердженні металепоксидних композицій.

Таблиця 1 – Вплив вмісту монодисперсного порошку алюмінію та комбінацій отверджувачів на властивості металепоксидних композицій (режим отвердження: 20°С × 48 год + 80°С × 3 год + 100°С × 3 год + 120°С × 4 год)

Вміст монодисперсного порошку алюмінію, мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидної смоли	Отверджувачі			
	Poly7 + TUZOR TEP		Telalit 0343 + TUZOR TEP	
	міцність при стисненні, МПа	теплостійкість за Мартенсом, °С	міцність при стисненні, МПа	теплостійкість за Мартенсом, °С
0	140	98	148	105
50	120	101	135	109
100	108	103	122	115
200	106	105	115	120

Джерело: розроблено авторами.

Більший ефект підвищення теплостійкості та міцності при стисненні металоепоксидних композицій спостерігається при застосуванні, як і очікувалось, бідисперсного порошку алюмінію (табл. 2) та комбінації отверджувачів Telalit 0343 + TUZOR TER. Слід зазначити, що теплостійкість наповнених бідисперсним порошком алюмінію металоепоксидних композицій при проведенні процесу вулканізації гумових виробів за температур 140-160°C збільшується на ~ 50 °С від визначеної за стандартним методом [19-20], оскільки при дії навантаження стиснення температурна межа експлуатації (при інших рівних умовах) буде вище, ніж при дії навантаження вигинання при застосуванні стандартного методу визначення теплостійкості за Мартенсом, і становить ~ 180 °С.

Таблиця 2 – Вплив вмісту бідисперсного порошку алюмінію та комбінацій отверджувачів на властивості металоепоксидних композицій (режим отвердження: 20°C × 48 год + 60°C × 2 год + 100°C × 3 год + 130°C × 3 год)

Вміст бідисперсного порошку алюмінію, мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидної смоли	Отверджувачі			
	Poly7 + TUZOR TER		Telalit 0343 + TUZOR TER	
	міцність при стисненні, МПа	теплостійкість за Мартенсом, °С	міцність при стисненні, МПа	теплостійкість за Мартенсом, °С
100	116	105	135	121
200	112	108	129	127
300	108	116	125	133

Джерело: розроблено авторами.

Розроблена металоепоксидна композиція на основі епоксидної діанової смоли CHS-Ероху 525 з додаванням 300 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидної смоли бідисперсного порошку алюмінію при отвердженні комбінацією отверджувачів Telalit 0343 + TUZOR TER пройшла виробничу перевірку і впроваджена при виготовленні прес-форм для вулканізації гумових елементів футерування ґрунтових насосів на ТОВ «Нові технології» (м. Дніпро). На рис. 2 представлено загальний вид металоепоксидної прес-форми та виготовленого в ній гумового елемента футерування ґрунтового насоса.

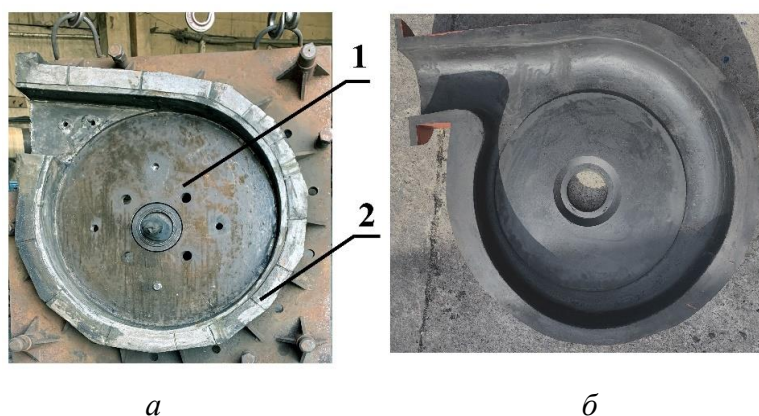


Рис. 2. Загальний вид нижньої частини металоепоксидної прес-форми (а) та виготовленого в ній гумового елемента футерування ґрунтового насоса (б):

1 – сталевий (Ст3) елемент; 2 – металоепоксидний елемент

Джерело: розроблено авторами.

Висновки. Установлено вплив температур в промисловому приміщенні (15-30 °С) на перебіг отвердження комбінаціями отверджувачів Poly7 (Telalit 0343) + TUZOR TER наповнених порошком алюмінію епоксидних композицій і з'ясовано необхідність збільшення терміну їх отвердження за температури 15 °С на 48 год порівняно з рекомендованим за температури 20 °С.

Доведено ефективність використання бідисперсного порошку алюмінію у складі металопоксидних композицій для виробництва вулканізаційних прес-форм.

Здійснено виробничу перевірку і впровадження наповненої бідисперсним порошком алюмінію металопоксидної композиції з її отвердженням комбінацією отверджувачів Telalit 0343 + TUZOR TER при виготовленні прес-форм для вулканізації гумових елементів футерування ґрунтових насосів на ТОВ «Нові технології» (м. Дніпро).

Список використаних джерел

1. Rosato Dominick V. Injection Molding Handbook / Dominick V. Rosato, Donald V. Rosato, Marlene G. Rosato. – 3-rd ed. – Kluwer Academic Publishers, 2000. – 1457 p.
2. Gianni A. Coscia. Handbook for the use of rubber injection molding machines / Coscia A. Gianni. – La Tipografica Varese, 1998. – 190 p.
3. Натансон Э. М. Коллоидные металлы и металлополимеры / Э. М. Натансон, З. Р. Ульберг. – Киев : Наукова думка, 1971. – 348 с.
4. Натансон Э. М. Металлополимеры / Э. М. Натансон, М. Т. Брык // Успехи химии. – 1972. – Т. 41. – № 8. – С. 1465-1493.
5. Балабин В. В. Модельное производство / В. В. Балабин. – Москва : Машиностроение, 1970. – 157 с.
6. Патент на корисну модель №155931 (UA) Україна. C08J 5/00, C08G 59/00, C08G 59/22, C08K 3/00, C08K 3/10. Спосіб виготовлення металополімерної композиції для виробництва вулканізаційних прес-форм / Полоз О. Ю., Ебіч Ю. Р.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». – №u 2023 05288; заявл. 07.11.2023; опубл. 17.04.2024; Бюл. № 16. – 4 с.
7. Epoxy polymers: new materials and innovations / Edited by J. R. Pascault and J. J. Williams. – WileyYCH, 2010. – 367 p.
8. Зеленко М. Технологии быстрого прототипирования – послойный синтез физической копии на основе 3D-CAD-модели / М. Зеленко // CAD/CAM/CAE Observer. – 2003. - № 2. – С. 2-9.
9. Піднебесний А. П. Силоксанові гуми та їх властивості / А. П. Піднебесний, Л. О. Мельник, Н. В. Савельєва. – Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 320 с.
10. Kimura Hajime. Epoxy resins with high heat resistance and flame retardancy via a new process / Hajime Kimura, Keiko Ohtsuka, Morio Yonekawa // Polymers for Advanced Technologies. – 2021. – Vol.32. – Issue2. – Pp. 474-483. DOI: <https://doi.org/10.1002/pat.5100>.
11. Иванова Л. А. Металлополимерные композиции для восстановления зерноперерабатывающего оборудования: монография / Л. А. Иванова, С. В. Котлик, М. Б. Гараев. – Одесса : Астропринт, 2012. – 108 с.
12. Improving the Heat Resistance and Flame Retardancy of Epoxy Resin Composites by Novel Multifunctional Cyclophosphazene Derivatives / Wangxi Fan, Zefang Li, Qin Liao [et al.] // Polymers. – 2023. – Vol.15. – Issue 59. – Pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15010059>.
13. High heat-resistant (250°C) epoxy resin composites with excellent dielectric properties / Chunbiao Wang, Yu Feng, Changhai Zhang et al. // Journal of Applied Polymer Science. – 2022. – Vol. 139. – Issue 40. – Pp. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.52963>.
14. Теплофізичні властивості модифікованих 2,4-діамінотолуеном епоксидних матриць / С. О. Сметанкін, Д. П. Стухляк, В. М. Яцюк, В. С. Барановський // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2018. – № 2 (65). – С. 41-55.
15. Малахова І. В. Умови одержання високонаповнених епоксидних композицій з покращеними термомеханічними властивостями / І. В. Малахова // Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія Хімія. – 2008. – Вип. VI. – С. 74-77.
16. Букетов А. В. Епоксидні наноккомпозити: монографія / А. В. Букетов, О. О. Сапронов, В. Л. Алексенко. – Херсон : ХДМА, 2015. – 184 с.
17. Мартинюк Г. В. Наповнені епоксидні компаунди: фізико-хімічні властивості: монографія / Г. В. Мартинюк. – Рівне : О. Зень, 2016. – 131 с.
18. Design of Concrete Mix Proportion Based on Particle Packing Voidage and Test Research on Compressive Strength and Elastic Modulus of Concrete / Yun-Hong Cheng, Bao-Long Zhu, Si-Hui Yang, Bai-Qiang Tong // Materials. – 2021. – Vol. 14. – Issue 3. – Pp. 1-17. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14030623>.

19. Термопласты конструкционного назначения / под ред. Е. Б. Тростянской. – Москва : Химия, 1975. – 240 с.

20. Пластики конструкционного назначения (реактопласты) / П. Г. Бабаевский [и др.] ; ред. Е. Б. Тростянская. – Москва : Химия, 1974. – 304 с.

References

1. Rosato, D. V., Rosato, D. V., & Rosato, M. G. (2000). *Injection Molding Handbook*. 3-rd ed. Kluwer Academic Publishers.

2. Gianni, A. C. (1998). *Handbook for the use of rubber injection molding machines*. La Tipografica Varese.

3. Nathanson, E. M., Ulberg, Z. R. (1971). *Kolloidnyye metally i metallopolimery* [Colloidal metals and metallopolymers]. Naukova dumka.

4. Nathanson, E. M., Bryk M. T. (1972). Metallopolimery [Metal-polymers]. *Uspekhi khimii*, 41(8), 1465-1493.

5. Balabin, V. V. (1970). *Modelnoye proizvodstvo* [Model production]. Mashinostroyeniye.

6. Poloz, O. Yu., Ebich, Yu. R. (2024). *Sposib vyhotovlennya metalopolimernoyi kompozytsiyi dlya vyrobnytstva vulkanizatsiynykh pres-form (Ukrainskyi deklaratsiynyi patent na vynakhid No 155931 A) [The method of manufacturing a metal-polymer composition for the production of vulcanization molds (Ukrainian declaratory patent for the invention No. №155931 A)]*. Ministry of Education and Science of Ukraine, State Department of Intellectual Property.

7. Pascault, J. R., & Williams, J. J. (Ed.) (2010). *Epoxy polymers: new materials and innovations*. WileyYCH.

8. Zelenko, M. (2003). Tekhnologii bystrogo prototipirovaniya – posloynnyy sintez fizicheskoy kopii na osnove 3D-CAD-modeli [Rapid prototyping technologies – layer-by-layer synthesis of a physical copy based on a 3D-CAD-model]. *CAD/SAM/SAYe Observer*, (2), 2-9.

9. Pidnebesnyy, A. P. (2006). *Syloksanovi humy ta yikh vlastyvosti* [Siloxane rubbers and their properties]. Fitosotsiotsentr.

10. Kimura, H., Ohtsuka, K., & Yonekawa, M. (2021). Epoxy resins with high heat resistance and flame retardancy via a new process. *Polymers for Advanced Technologies*, 32(2), 474-483. <https://doi.org/10.1002/pat.5100>

11. Ivanova, L. A. (2012). *Metallopolimernyye kompozitsii dlya vosstanovleniya zernopererabatyvayushchego oborudovaniya: monografiya* [Metal-polymer compositions for the restoration of grain processing equipment: monograph]. Astroprint.

12. Wangxi, F., Zefang, L., Qin, L., Lintong, Z., Longjie, K., Zhou, Y., & Meng, X. (2023). Improving the Heat Resistance and Flame Retardancy of Epoxy Resin Composites by Novel Multifunctional Cyclophosphazene Derivatives. *Polymers*, 15(59), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15010059>

13. Wang, C., Feng, Y., Zhang, C., Zhang, T., Chi, Q., Chen, Q., & Lei, Q. (2022). High heat-resistant (250°C) epoxy resin composites with excellent dielectric properties. *Journal of Applied Polymer Science*, (139 (40)), 1-10. <https://doi.org/10.1002/app.52963>

14. Smetankin, S. O., Stukhlyak, D. P., Yatsyuk, V. M., & Baranovsky, V. S. (2018). Teplofizychni vlastyvosti modyfikovanykh 2,4-diaminotoluenom epoksydnykh matryts [Thermophysical properties of epoxy matrices modified with 2,4-diaminotoluene]. *Visnyk Kherson's'koho natsional'noho tekhnichnoho unyversytetu*, 2(65), 41-55.

15. Malakhova, I. V. (2008). Umovy oderzhannya vysokonapovnenykh epoksydnykh kompozytsiy z pokrashchenymy termomekhanichnymy vlastyvostyamy [Conditions for obtaining highly filled epoxy compositions with improved thermomechanical properties]. *Visnyk Prykarpats'koho natsional'noho unyversytetu imeni Vasylya Stefanyka. Seriya Khimiya*, VI, 74-77.

16. Buketov, A. V., Saponov, O. O., & Aleksenko, V. L. (2015). *Epoksidni nanokompoziti: monografiya* [Epoxy nanocomposites: monograph]. KHDMA.

17. Martyniuk, G. V. (2016). *Napovneni epoksydni kompaundy: fizyko-khimichni vlastyvosti: monohrafiya* [Filled epoxy compounds: physical and chemical properties: monograph]. O. Zen'.

18. Cheng, Yun-Hong, Zhu, Bao-Long, Yang, Si-Hui, & Tong Bai-Qiang. (2021). Design of Concrete Mix Proportion Based on Particle Packing Voidage and Test Research on Compressive Strength and Elastic Modulus of Concrete. *Materials*, 14(3), 1-17. <https://doi.org/10.3390/ma14030623>

19. Trostyanskaya, Ye. B. (Ed.) (1975). *Termoplasty konstruktsionnogo naznacheniya* [Thermoplastics for structural purposes]. Khimiya.

20. Trostyanskaya, Ye. B. (Ed.) (1974). *Plastiki konstruktsionnogo naznacheniya (reaktoplasty)* [Plastics for structural purposes (thermosets)]. Khimiya.

Отримано 02.11.2024

UDC 678.029.5: 669

Oleksii Poloz¹ Yuriy Ebich²,

¹PhD in Technical Sciences, Doctoral Candidate of the Department of Fuel, Polymer and Polygraphic Materials Technologies Ukrainian State University of Science and Technologies. Educational and Scientific Institute "

Ukrainian State University of Chemical Technology" (Dnipro, Ukraine)

E-mail: ua.apolo@gmail.com. **ORCID** <https://orcid.org/0000-0001-5577-3869>

SCOPUS <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6505811695>

²Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Fuel, Polymer and Polygraphic Materials Technologies Ukrainian State University of Science and Technologies. Educational and Scientific Institute

"Ukrainian State University of Chemical Technology" (Dnipro, Ukraine)

E-mail: ua.apolo@gmail.com. **ORCID** <https://orcid.org/0000-0002-7121-5573>

SCOPUS <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7801687360>

METAL EPOXY COMPOSITE FOR THE PRODUCTION OF VULCANIZING PRESS-MOLDS

Increasing the output of necessary low-volume and non-standard products made of rubber and plastics is urgent, but it is restrained by the need to use appropriate molds made of valuable structural steels with the necessary complex metal processing, which is a certain problem during the rapid restructuring of production sites for such products. In these conditions, it is advisable to use a simplified design of molds with metal-polymer (metal-epoxy) elements of the necessary heat resistance and able to withstand significant compression during the manufacture of products.

The analysis of research and publications on the development and implementation of metal-epoxy elements of molds showed that insufficient attention is paid to the issues of developing the composition of compositions for producing such elements and improving their operational properties.

The purpose of the article is to create metal-epoxy compositions with increased heat resistance and compressive strength for the manufacture of vulcanization mold elements using combinations of curing agents and dispersed aluminum powder with increased particle packing density.

The influence of temperatures in the industrial premises (15-30°C) on the course of curing with combinations of hardeners Poly7 (Telalit 0343) + TUZOR TEP of epoxy compositions filled with aluminum powder was determined, and the need to increase their curing time at a temperature of 15°C by 48 hours was determined. Compared to the recommended temperature of 20°C.

The effectiveness of using bidisperse aluminum powder as part of metal epoxy compositions for producing vulcanization molds has been proven.

A production check and introduction of a metal-epoxy composition filled with bidisperse aluminum powder was carried out with its hardening with a combination of hardeners Telalit 0343 + TUZOR TEP in the manufacture of molds for vulcanization of rubber lining elements of ground pumps at "New Technologies" LTD (Dnipro).

Keywords: metal-polymer elements of press-molds; metal-epoxy compositions; combinations of hardeners; aluminum powder; heat resistance; compressive strength.

Table: 2. Fig: 2. References: 20.