

УДК 678.46: 678.065.004

Ю.М. Ващенко

АСПЕКТИ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛАСТОМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ

Зроблено аналіз використання ресурсозберігаючих технологій в гумовій промисловості. Показано переваги застосування методів поверхневого оброблення модифікаторами продуктів подрібнення зношених шин та інших гумових виробів на різноманітному обладнанні.

Ознакою сучасності є широке практичне використання полімерів. Різні марки еластомерів, пластмас, синтетичних смол та волокон набувають застосування в машинобудуванні, будівництві,

сільському господарстві, медицині та інших галузях, з успіхом замінюють традиційні матеріали, перш за все, конструкційного призначення [1,2].
Потреби народного господарства в компози-

ційних матеріалах з різноманітними властивостями викликають інтенсивний розвиток досліджень в галузі фізико-хімії еластомерів.

Розвиток сучасних галузей промисловості вимагає безперервного покращання основних експлуатаційних характеристик комплектуючих гумових виробів і в першу чергу їх довговічності.

Одним з резервів підвищення якості еластомерних матеріалів є їх модифікація активними сполуками, яка здійснюється в умовах загально-прийнятого технологічного процесу виготовлення гумових виробів.

Роботи з модифікації композиційних матеріалів з еластомерів були розпочаті в 50–60 роках 20 століття переважно з метою підвищення адгезії в гумокордних системах [3–5].

Застосування та широке впровадження принципів модифікації дозволило значно підвищити якість еластомерних матеріалів, обсяги виробництва яких за останні роки значно виросли. Але зростом кількості вироблених гумових виробів, суттєво зростають також відходи їх виробництва та споживання. За даними Європейської Асоціації з вторинної переробки шин (ЕТРА) в Європі щорічно утворюється близько 2 млн. тонн амортизованих автомобільних шин, а об'єм їх перероблення методом подрібнення не перевищує 10%. Значна частина зношених шин використовується як паливо. У СНД щорічний обсяг шин, що викидаються, оцінюється цифрою більше 1 млн. тонн. В Україні щорічно з експлуатації виходить близько 150 тис. тонн покришок, а з урахуванням зношених автомобільних шин, які накопичилися в автопідприємствах, переробці підлягає приблизно 230 тис. тонн [6].

Автором зроблено аналіз використання ресурсозберігаючих технологій в гумовій промисловості, в т.ч. з урахуванням результатів власних досліджень.

Питання раціонального використання відходів постійно знаходяться в центрі уваги багатьох дослідників [7,8].

Ознакою сучасності є екологізація виробництва та технологій [9,10].

Екологізація технологій означає впровадження у виробництво і повсякденне життя людей таких виробничих процесів, які при максимальному одержанні високоякісного продукту можуть забезпечити збереження екологічної рівноваги в природному середовищі і не будуть сприяти її забрудненню.

Екологізація включає: ощадливу витрату сировини, комплексне використання природних ресурсів, створення нових технологій, що забезпечують маловідходне виробництво, замкнуті цикли водообігу, утилізацію відходів. Отже, основними моментами екологізації є:

- ресурсозбереження;
- маловідходне виробництво;

– технології використання й утилізації відходів;

– нові джерела енергії і палива.

Ресурсозбереження – система засобів, спрямованих на виробництво і реалізацію кінцевих продуктів із мінімальною витратою речовини та енергії на всіх стадіях технологічного процесу.

Ресурсозбереження припускає зниження витрати усіх видів ресурсів на виробництво одиниці продукції. Його варто розглядати як умову, процес, результат і показник поліпшення використання засобів виробництва і трудових ресурсів на всіх етапах виробничо-господарської діяльності об'єдань і підприємств, а також економічного і соціального розвитку регіонів і народного господарства в цілому.

Ресурсозбереження – багатоаспектна проблема. Її вирішення означає збільшення випуску продукції при незмінній або меншій витраті матеріальних ресурсів, зниження її собівартості, зростання прибутку, більш повне використання виробничих потужностей і підвищення продуктивності праці, зменшення капіталовкладень у видобувні галузі, поліпшення екологічної ситуації.

Результатом ресурсозбереження є також вівільнення з народного господарського обігу первинних матеріальних ресурсів внаслідок їхньої заміни побіжними продуктами або відходами виробництва. Ресурсозбереження сприяє не тільки підвищенню ефективності суспільного виробництва, але й запобігає забрудненню навколошнього середовища.

Проблема використання зношених шин має важливе екологічне значення, оскільки, шини що вийшли з експлуатації накопичуються в місцях їхнього використання (в автогосподарствах, на аеродромах, промислових і сільськогосподарських підприємствах, гірничо-збагачувальних комбінатах та ін.). Вони, а також інші зношенні гумові вироби тривалий час забруднюють навколошнє середовище унаслідок високої стійкості до впливу зовнішніх факторів (сонячного світла, кисню, озну, мікробіологічних впливів). Крім того, шини мають високу пожежонебезпеку, а продукти їхнього неконтрольованого спалювання ускладнюють навколошнє середовище (грунт, воду, повітряний басейн).

Проблема використання зношених шин має також істотне економічне значення, оскільки потреби господарства в природних ресурсах безупинно ростуть, а їх вартість постійно підвищується. Невідновлюваність природної нафтової сировини диктує необхідність використання вторинних ресурсів з максимальною ефективністю. Ці аспекти знаходяться під постійним наглядом різних вчених, у тому числі і в Україні [11–13].

За останні роки у світі накопичено великий науково-технічний досвід в галузі перероблення зношених шин та вивченю ринків збути про-

дуктів переробки шин [14–16].

Власне утилізація шин розвивається в таких напрямках:

- відновлення зношених протекторів для повторного їх використання;
- подрібнення шин механічним способом при температурах навколошнього середовища та з застосуванням глибокого охолодження на одній з стадій подрібнення, при цьому як холодаагент використовують рідкий Нітроген або охолоджене повітря;
- термічна деструкція шин в різних середовищах;
- переробка подрібнених шин з застосуванням мікрохвильової техніки;
- переробка шин з використанням озону;
- піроліз.

З наведених вище ресурсозберігаючих технологій, промислово відпрацьованими є: відновлення шин, механічне подрібнення та піроліз. Останній напрям зараз отримав поширення. При піролізі можливо одержання деяких цінних продуктів: твердий залишок, який може бути використано як наповнювач полімерних матеріалів; піролізна рідина та метал. Твердий залишок потребує додаткового подрібнення, й після цього його можна використовувати як неактивний наповнювач еластомерних композицій. Робляться спроби покращити привабливість твердого залишку [17,18]. Цікавим є отримання в процесі піролізу так званої піролізної рідини, яка є сумішшю рідких насичених та ненасичених вуглеводнів та деяких інших речовин, які застосовуються при вулканізації каучуку в процесі отримання гуми.

Піроліз гумових виробів дозволяє, по-перше, утилізувати відпрацьовані вироби, а по-друге, – отримати так звані вторинні енергоресурси: газ та піролізну рідину. Остання має вигляд густої, чорної, смолистої рідини і є сумішшю рідких вуглеводнів, смол, технічного вуглецю, продуктів окиснення, олив і та ін. Зазвичай, піролізну рідину, завдяки її високій теплоті згоряння, використовують як паливо (піропаливо). Значний інтерес представляє виділення з піролізної рідини вуглеводневих фракцій, які за властивостями дуже близькі до бензинової та дизельної фракціям нафти. Завдяки відносно низькій собівартості піролізної рідини та в разі низьких витрат на її розподіл на бензинову та дизельну фракції очевидна комерційна привабливість схеми: піроліз відходів – отримання піролізної рідини – виділення бензинової та дизельної фракції з піролізної рідини. Також робляться спроби ефективно використовувати піролізну рідину [19]. Але, при цьому піроліз потребує значних витрат на природоохоронні заходи.

Аналіз відомих методів утилізації показав, що покришки, які не підлягають відновленню, найбільш доцільно піддавати механічному под-

рібненню, так як хімічні методи, наприклад, піроліз та спалення призводять до деградації полімерної основи матеріалу.

Гума, як конструкційний матеріал, до моменту виходу виробу з експлуатації зазнає незначних структурних змін. Наведені в [20] дані свідчать, що основні зміни у гумах в процесі експлуатації відбуваються на рівні макроструктури композиції. За хисні речовини, які є в наявності в матеріалі, призупиняють процеси окиснення та перешкоджають переходу реакції за ланцюговим механізмом. При цьому деструктивні процеси, які відбуваються, в змозі деяким чином здійснити вплив на міцносні та еластичні властивості, але не можуть викликати глибоких структурних перетворень полімерів, так як протистарювачі, що застосовуються, забезпечують утворення стабільних радикалов на початку реакції. Відсутність значних змін у фізико-хімічній структурі, особливо у шинних гумах, обумовлено також компенсаційним характером процесів деструкції та структурування.

Однак додавання гумової крихти або подрібненого вулканізату до складу еластомерних композицій призводить до істотного зниження їх основних фізико-механічних характеристик. Причиною зниження механічних показників еластомерних композицій є, насамперед, слабка взаємодія на межі розподілу фаз вулканізована поверхня – еластомерна матриця, особливо при використанні подрібненого вулканізату з розміром частинок більше за 0,8 мм, а також поява локальних перенапружень в системі, що прискорює процеси руйнування матеріалу при експлуатації під дією як статичних, так і динамічних навантажень. Для усунення цього недоліку доцільним є поверхнева модифікація подрібнених вулканізатів, яка дозволяє збільшити реакційну здатність їх поверхні та підсилити взаємодію на міжфазних межах.

Крім цього, відомо [21], що подрібнений вулканізат (ПВ) є структура з ядром та поверхневим шаром, а для збільшення площин фактичного контакту між еластомерною матрицею та подрібненим вулканізатом необхідно збільшувати площину контакту в системі [22]. Останнє може бути досягнуто у випадку застосування речовин, які змінюють поверхневу енергію та мають поверхнево-активні властивості [23]. Тому, доцільним є застосування у композиціях для оброблення поверхні подрібненого вулканізату сполук з високою поверхневою енергією.

Показано, що умовою збільшення міцності зв'язку між еластомерною матрицею та вулканізованою поверхнею є підвищена концентрація активних речовин на межі розподілу фаз. У разі відновлювального ремонту шин збільшення концентрації активних речовин на міжфазних межах досягається об'ємною модифікацією гумових су-

мішай речовинами, які здатні до насичення поверхні [24]. При використанні подрібненого вулканізату активні речовини доцільно наносити на його поверхню, тобто виконувати поверхневу модифікацію.

Автором розроблено основи технології створення систем добавок для оброблення поверхні подрібненого вулканізату з метою підвищення ступеня сумісності його з еластомерною матрицею — модифікуюче-регенеруючі композиції (МРК).

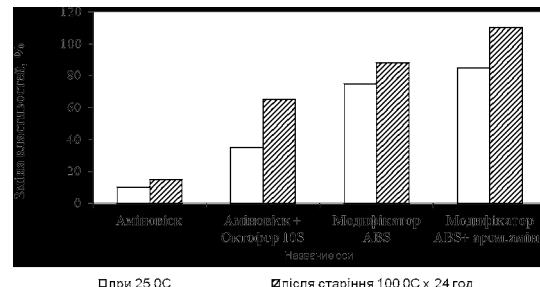
Запропоновано при обробленні поверхні подрібненого вулканізату застосовувати речовини, які здатні виконувати функцію активаторів-диспергаторів та модифікаторів, деструктуючих агентів та технологічних добавок.

Виходячи зі здатності аміновмісних сполук активувати розпад сульфідних зв'язків, дослідженено значний спектр таких сполук [25–28]. Встановлено, що в якості активаторів і модифікаторів поверхні доцільно використовувати первинні та вторинні аліфатичні аміни фр. C₁₇–C₂₀, їх суміш (аміновіск), похідні ароматичних діамінів, аміновмісні солі, похідні етаноламінів. Для підвищення ефективності дії амінів застосовано різні види фенолоформальдегідних смол, зокрема, сірковмісна фенолоформальдегідна смола октофор 10S, аміновмісна фенолоформальдегідна смола октофор N, алкілфенолоформальдегідні смоли типу 101, сірковмісна смола фенодон S [29–31].

Показано також, що використання систем добавок, особливо у вигляді сплавів, дозволяє значно ефективніше використовувати модифікований подрібнений вулканізат у складі еластомерних матеріалів різного призначення. Наприклад, (рисунок), використання сплаву аміновоску з сірковмісною фенолоформальдегідною смолою октофор 10S (модифікатору ABS) дозволяє значно підвищити ефективність застосування подрібнених вулканізатів у порівнянні з використанням індивідуальних компонентів.

Підтвердженням високої ефективності використання модифікатора ABS не тільки з точки зору підвищення сумісності фаз, але з урахуванням збільшення площин контакту, є результати дослідження властивостей модельних гум при різних

методах введення ПВ і модифікаторів до гумових сумішей (табл. 1).



Підвищення умовної міцності гум, які містять 20 мас.ч. подрібненого вулканізату, обробленого системами аміновіск + смола октофор 10S у порівнянні з необробленим ПВ

Застосування для оброблення аміносмоляних модифікаторів дозволяє ефективно обробляти подрібнений вулканізат з більшим розміром часток, які є значно дешевшими за дрібну крихту, а також збільшувати вміст обробленого вулканізату в еластомерних композиціях при одержанні гум з комплексом властивостей, які задовольняють вимогам (табл. 2).

Особливо треба відзначити ефективність застосування модифікованого аміносмоляними модифікаторами шорсткувального ПВ у складі протекторних гумових сумішей, які використовуються при відновлювальному ремонті покришок. Наявність в протекторних гумах відновлених шин подрібненого вулканізату, який модифіковано модифікаторами типу ABS, дозволяє значно підвищити міцність зв'язку між шорсткованим протектором і еластомерною композицією за рахунок особливих властивостей модифікатора — здатності насичувати міжфазні поверхні та підсилювати взаємодію в зоні контакту.

Аналіз отриманих даних показує, що застосування поверхневого оброблення подрібненого вулканізату модифікуюче-регенеруючими композитами є ефективним шляхом удосконалення еластомерних композиційних матеріалів,

Як відомо, комплекс властивостей полімерних матеріалів визначається не тільки якісним складом компонентів, але й технологічними па-

Таблиця 1

Властивості модельних гум на основі НК та СКМС-30 АРКМ-15, які містять 25 мас.ч. ПВ

Показники	Без добавок	ПВ без оброблення	ПВ без оброблення+ +модифікатор ABS	ПВ, оброблений модифікатором ABS
Умовне напруження при 300% подовження. МПа	6,2	5,8	5,6	6,0
Умовна міцність при розтязі, МПа: при 25 ⁰ С старіння 100 ⁰ С×24 год, %	16,5 -38,3	8,2 -39,2	9,0 -34,4	16,0 -33,2
Відносне подовження, %: при 25 ⁰ С старіння 100 ⁰ С×24 год, %	510 -17,6	390 -15,4	410 -14,5	490 -9,2
Опір багаторазовому розтягуванню ($\varepsilon=150\%$), тис. циклів	12,5	8,3	12,9	19,6

Таблиця 2

Властивості протекторних гум, які вміщують подрібнений вулканізат (розмір частинок до 3 мм), оброблений композицією ABS

Показник	Без ПВ	ПВ (0,8 мм) без оброблення 20 мас.ч.	ПВ, оброблений модифікатором ABS, мас.ч.		
			10	20	30
Умовне напруження при 300% подовження, МПа	7,2	6,7	7,8	8,3	8,8
Умовна міцність при розтязі, МПа: при 25°C	17,2	11,8	16,5	16,2	15,5
після старіння 100°C×72 год, %	-27,3	-29,7	-21	-23,2	-22,5
Відносне подовження, %: при 25°C	515	410	530	510	500
після старіння 100°C×72 год	300	280	320	305	300
Опір багаторазовому розтягуванню ($\varepsilon=150\%$), тис. циклів	21,5	15,0	22,5	20,1	18,5
Зносостійкість, м ³ /ТДж	110	115	105	95	93

метрами виготовлення та перероблення. Це стосується також і процесів поверхневого оброблення подрібненого вулканізату. Тому виконано комплекс робіт з визначення впливу технологічних параметрів та обладнання для оброблення на ефективність використання подрібненого вулканізату в еластомерних композиційних матеріалах [25,33–36].

Технологічні параметри оброблення гумової крихти на валковому обладнанні вибрано, виходячи з виконаних експериментів на лабораторних вальцях. Загалом процес оброблення на валковому обладнанні складається з таких стадій:

- «пропуск» подрібненого вулканізату на тонкому зазорі для попереднього підігрівання та усереднення;
- введення, в залежності від застосованих компонентів, активуючих, регенеруючих і модифікуючих компонентів;
- введення технологічних добавок;
- остаточне дороблення одержаної композиції.

У результаті такого оброблення одержуємо композитний еластомерний матеріал, який може застосовуватися для виготовлення гумових виробів різного призначення.

З метою розширення способів оброблення поверхні ПВ розроблено ресурсозберігаючі технологічні процеси з використанням обладнання, яке застосовується в гумовій промисловості.

Розглянуто можливість застосування розроблених модифікуючих композицій для оброблення подрібненого вулканізату в агрегаті ШМДГ (шприцмашина-девулканізатор гуми), який застосовують для отримання регенерату термомеханічним методом.

Аналіз результатів досліджень еластомерних матеріалів, які містять оброблений оптимальними композиціями подрібнений вулканізат на вальцях промислового призначення та в ШМДГ, показує переваги останнього, особливо при збільшенні вмісту подрібненого вулканізату в гумових сумішах.

Але, черв'ячні девулканізатори є специфі-

чним обладнанням, яке використовується в основному при виробництві регенерату. Тому, розроблена технологія оброблення поверхні подрібненого вулканізату із застосуванням змішувачів з Z-подібними лопатями та гумозмішувачів закритого типу періодичної дії.

Здійснено порівняльне оцінювання ефективності дії розроблених модифікуюче-регенеруючих композитів при обробленні подрібненого вулканізату різного отримання (механічним подрібненням за кріогенною технологією та за позитивних температур) у промислових умовах, як на валковому обладнанні, так і в змішувачі з Z-подібними лопатями.

Встановлено, що для подрібненого вулканізату, який одержано за кріогенною технологією, більш ефективним методом модифікації є її механічне диспергування на валковому обладнанні, що забезпечує додаткове розвинення гладкої поверхні частинок даного типу вулканізату. При обробленні такого ПВ в лопатевому змішувачі ефект модифікації виявляється незначним.

Встановлено також, що для оброблення в змішувачі бажано використовувати ПВ з розміром частинок до 1 мм, тоді як при обробленні на валковому обладнанні розмір може бути підвищений до 3–5 мм.

Одним з основних типів обладнання гумової галузі, яке використовується для виготовлення еластомерних композицій є гумозмішувачі закритого типу періодичної дії. На відміну від валкового обладнання, у камері гумозмішувача за рахунок геометричних параметрів роторів і камери реалізуються більш високі напруження зсуву. Тому застосування гумозмішувачів для одержання модифікованого подрібненого вулканізату є актуальною задачею. З метою визначення оптимальних параметрів оброблення гумової крихти в гумозмішувачі здійснено дослідження впливу коефіцієнта завантаження та температури процесу обробки в гумозмішувачі, на ефективність застосування гумової крихти в еластомерних композиціях. Аналіз залежності умовної міцності гум, які

містять оброблений вулканізат від параметрів перероблення подрібненого вулканізату в гумозмішувачі в присутності аміносмоляних модифікаторів з використанням фосфатидних концентратів показав, що оптимальним є коефіцієнт завантаження 0,8, а температура оброблення 130°C на відміну від досить високих температур (180–200°C) при виготовленні регенерату в девулканізаторі.

Таким чином, показана можливість застосування різного обладнання для реалізації ресурсозберігаючих технологій – процесів модифікації поверхні подрібненого вулканізату. При цьому в залежності від подальшого використання одержаних композиційних матеріалів можна застосовувати різні за активністю модифікатори та обладнання, враховуючи дані табл. 3, при цьому спостерігається зниження енергоспоживання та використання подрібненого вулканізату з розміром частинок більшим, ніж використовується при виробництві регенерату [38].

На підставі розроблених науково-технічних основ створення еластомерних матеріалів з використанням подрібненого вулканізату здійснено широке випробування та впровадження у виробництво технологій модифікації його поверхні і створення еластомерних матеріалів різного при-

значення за ресурсозберігаючими технологіями.

Для практичного застосування модифікації подрібненого вулканізату в промисловості розроблено технічні умови та впроваджено виготовлення модифікуючі-регенеруючих композитів. З урахуванням технологічних особливостей оброблення модифікуюче-регенеруючими композитами подрібненого вулканізату в ШМДГ розроблені технічні вимоги на продукт перероблення подрібненого вулканізату – модифікат МШТ.

Модифікат МШТ використано у складі еластомерних композицій, призначених для виготовлення елементів шин і гумотехнічних виробів. Результати досліджень підтверджують ефективність його застосування в шинних гумах різного призначення: протекторних та обкладальних (каркас і брекер), а також для гумових сумішей, які застосовуються при виготовленні широкого спектра гумотехнічних виробів. Наприклад, при досліджені властивостей протекторних гум, дослідні вулканізати з 25 мас.ч. МШТ мають рівень властивостей, що відповідає вимогам. При цьому додавання модифікату МШТ значно покращує опір багаторазовим деформаціям і розростанню тріщин (табл. 4). У деяких випадках, у залежності від вимог, вміст модифікату МШТ може

Таблиця 3
Ефективність оброблення подрібненого вулканізату на гумоперероблюючому обладнанні

Параметри	Вальці	ШМДГ	Змішувач із Z – подібними лопатнями	Гумозмішувач типу ГЗ-250-30	Виробництво регенерату РШТ
Розмір частинок ПВ, мм	до 8,00	до 2,0	до 1,0	до 2,0	0,8
Температура процесу, °C	60–80	120–130	100–110	120–130	180–220
Вміст модифікаторів (ABS), мас.ч.	4,0–4,5	1,8–2,2	3,0–3,5	2,5–3,0	–
Якість еластомерних композицій з ПВ, бали (10 – найвищий)	7	10	6	8	3

Таблиця 4
Властивості протекторних гум, які містять 25 мас.ч. модифіката МШТ

Показники	Без ПВ	Необроблений ПВ	Модифікат МШТ
Клейкість, КПа: через 2 год	4,5	4,0	4,2
через 24 год	2,3	2,0	2,9
через 48 год	1,5	1,1	1,9
В'язкість за Муні при 120°C, од	45	51	47
Характеристики за реометром при 155°C: мінімальний крутний момент (M_L), дН м	8,7	8,9	8,8
максимальний крутний момент (M_H), дН м	36,8	30,5	36,1
час початку вулканізації (t_S), хв.	7,2	7,0	7,1
оптимальний час вулканізації (t_{90}), хв.	15,3	15,8	14,8
швидкість вулканізації (R_V), хв ⁻¹	12,3	11,4	12,9
Умовне напруження при 300% подовження, МПа	10,5	8,6	10,0
Умовна міцність при розтязі, МПа: при 25°C	19,1	11,0	18,6
після старіння 120°C×12 год, %	-30,1	-27,3	-26,8
Відносне подовження при розриві, % : при 25°C	525	450	510
після старіння 120°C×12 год, %	-52	-57	-52
Зносостійкість, м ³ /ГДж	70	70	68
Опір багаторазовому розтягуванню ($\epsilon=100\%$), тис. цикл: при 25°C	47,8	62,4	120,5
Опір утворенню тріщин, тис. циклів до 12 мм	170,0	165,0	287,0

бути збільшено до 50 мас.ч. на 100 мас.ч. каучуку.

На підставі здійснених досліджень розроблено рецептури промислового призначення. При застосуванні технології оброблення поверхні ПВ і рецептур протекторних еластомерних композицій з ПВ в умовах шиноремонтних підприємств встановлено, що гумові суміші з модифікованим ПВ мають набагато кращі пластоеластичні та технологічні властивості у порівнянні з гумовою сумішшю, що містить необроблений ПВ. За комплексом фізико-механічних властивостей отримані вулканізати відповідають встановленим нормам. При здійсненні технологічного процесу відновлення покришок з використанням дослідних протекторних гумових сумішей ускладнень не виникало. Треба відмітити, що при вулканізації суттєво скоротився відсоток розшарування в системі старий протектор—новий протектор. Застосування модифікованого ПВ у складі протекторних гум знижує також брак при експлуатації відновлених шин. Це, мабуть, пов’язано з поліпшенням клейкості гумових сумішей через вміст комплексних добавок на основі феноло-формальдегідного сірковмісного олігомеру аналогічно їх дії в складі прошаркових гумових сумішей та значного підсилення взаємодії в міжфазних шарах.

Широке застосування модифікат МШТ та модифікований подрібнений вулканізат знайшли при виробництві гумотехнічних виробів різного типу. У залежності від призначення виробів і вимог до комплексу їх властивостей рекомендовано застосовувати різні типи композицій для модифікації поверхні подрібненого вулканізату. Випробування та впровадження рецептур гумових сумішей з модифікованим ПВ на підприємствах галузі показало переваги розроблених методів перед існуючими.

Таким чином, показано, що ресурсозберігаючі технології у виробництві гумових виробів включають процеси поверхневого оброблення продуктів подрібнення зношених шин та інших гумотехнічних виробів з використанням різноманітного обладнання та дозволяють отримувати значний еколого-економічний ефект.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Полімерні суміші та композити / Н.М. Євдокименко, М.В. Бурмістр, Ю.Л. Котов, Ю.М. Ващенко. – Дніпропетровськ, 2003. – 223 с.
2. Каучук и резина. Наука и технология / Под редакцией Дж. Марка, Б. Эрмана, Ф. Эйрича. – М.: Изд-во Интеллект, 2011. – 768 с.
3. Сирота А.Г. Модификация структуры и свойств полиолефинов. – М.: Химия, 1969. – 126 с.
- 4 Allison K.W. Silica: key to revolutionary new rubber adhesion technology // Rubber World. – 1968. – Vol.158. – № 1. – P.35-46.

5. Структурно-химическая модификация эластомеров / Ю.Ю. Керча, З.В. Онищенко, В.С. Кутянина, Л.А. Шелковникова. – К.: Наук. думка, 1989. – 232 с.

6. Сатонин А.В. Технология и оборудование по переработке изношенных автомобильных шин // Шина-плюс. – 2004. – № 2. – С.3-5.

7. Коваленко А.М. Отходы в аспекте ресурсоэнергосбережения: проблемы и перспективы // Восточно-Европейский журн. передовых технологий. – 2010. – № 2/6. – С.58-61.

8. Коваленко А.М. Отходы в аспекте экологических проблем Украины // Восточно-Европейский журн. передовых технологий. – 2009. – № 5/5. – С.45-48.

9. Калекин В.С. Теоретические основы энерго- и ресурсозбережения в химической технологии. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. – 92 с.

10. Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В. Экология. Природа – Человек – Техника. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.

11. Тарасова Т.Ф., Чапалда Д.И. Экологическое значение и решение проблемы переработки изношенных автошин // Вестник Оренбургского гос. ун-та. – 2006. – Т.2. – № 2. – С.130-135.

12. Кривоконь О.Г. Проблеми утилізації та відновлення автотракторних шин в контексті екологічного розвитку України // Восточно-Европейский журн. передовых технологий. – 2011. – № 3/11. – С.8-10.

13. Пляцук Л.Д., Гурець Л.Л., Будьонний О.П. Утилізація гумових відходів // Вісник Кременчуцького держ. політех. ун-ту ім. Михайла Остроградського. – 2007. – Вип.5. – Ч.1. – С.152-154.

14. Макаров В.М., Дроздовский В.Ф. Использование амортизованных шин и отходов производства резиновых изделий. – Л.: Химия, 1991. – 252 с.

15. Former C., Osen E. Stand und perspektiven des gummi recyclings // Kautsch. und Gummi Kunstst. – 2003. – Vol.56. – № 3. – С.81-89.

16. Микульонок І.О. Основні методи використання гумовмісних відходів // Хімічна промисловість України. – 2001. – № 5. – С.53-58.

17. Исследование углеродсодержащего наполнителя в резиновых смесях. Замена технического углерода П-803 / Мурогина Л.Л., Савельева Н.В., Кимаков И.Н. и др. Хімічна промисловість України. – 2008. – № 3. – С.49-53.

18. Повышение эффективности применения твердого остатка пиролиза изношенных шин в качестве наполнителя эластомерных материалов / В.В. Виноградов, Ю.Н. Ващенко, И.А. Осташко, В.И. Емельяненко // Вопр. химии и хим. технологии. – 2010. – № 1. – С.199-202.

19. Буртная И.А. Имплементация нанотехнологий в утилизации шин (первая часть) // Восточно-Европейский журн. передовых технологий. – 2012. – № 1/8. – С.14-16.

20. Шаховец С.Е. Комплексная регулируемая механо-термохимическая регенерация шинных отходов и технология производства изделий на их основе: Автореф. дис...д-ра техн. наук: 05.17.06 / Санкт-Петербургский гос. технолог. ин-т (Технический университет). – Санкт-Петербург, 2009. – 42 с.

21. Влияние метода измельчения на структуру резин

Аспекти ресурсозбереження при виробництві та експлуатації еластомерних матеріалів

- / Трофимова Г.М., Новиков Д.Д., Компаниець Л.В. и др. // Високомол. соед. – Сер. А. – 2000. – Т.42. – № 7. – С.1238-1246.
22. Модифікація резинової крошки / Трофимова Г.М., Новиков Д.Д., Компаниець Л.В. и др. // Високомол. соед.. – Сер. А. – 2003. – Т.46. – № 6. – С.912-920.
23. Рахматуллина А.П., Заварихина Л.А., Мохнаткина О.Г. Влияние композиций высших жирных кислот на межфазные характеристики и физико-механические свойства резин // Журн. прикл. химии. – 2003. – Т.76. – Вып.4. – С.680-684.
24. Ващенко Ю.Н. Разработка методов повышения качества восстановительного ремонта крупногабаритных шин // Производство и использование эластомеров. – 1999. – Вып.6. – С.22-26.
25. Пути рационального использования резиновой крошки, образующейся при шероховке автопокрышек / Ю.Н. Ващенко, В.В. Вахненко, Ю.И. Захаров, З.В. Онищенко // Каучук и резина. – 1992. – № 5. – С.11-14.
26. Ващенко Ю.Н. Модифицирующие-регенерирующие составы при переработке отходов резиновой промышленности // Производство и использование эластомеров. – 1999. – Вып.5. – С.22-27.
27. Розробка модифікувансько-регенерувальних складів для обробки гумової крихти / Ю.М. Ващенко, В.І. Овчаров, І.А. Сірченко, Т.В. Ващенко // Хімічна промисловість України. – 1999. – № 6. – С.55-57.
28. Ващенко Ю.Н. Основные направления создания высокопрочных дублированных резиноармированных изделий // Вопр. химии и хим. технологии. – 2002. – № 5. – С.38-45.
29. Застосування композитів на основі фенолформальдегідних смол для обробки поверхні подрібненого вулканізату / Л.С. Голуб, Ю.І. Захаров, Т.В. Данилейко, Ю.М. Ващенко // Вопр. химии и хим. технологии. – 2004. – № 2. – С.120-123.
30. Грицак О.А., Глебов А.С., Ващенко Ю.Н. Исследование свойств нового модификатора для поверхностной обработки измельченного вулканизата // Вопр. химии и хим. технологии. – 2009. – № 3. – С.93-96.
31. Оценка свойств эластомерных композиций, содержащих модифицированную резиновую крошку / Ю.Н. Ващенко, А.Г. Александров, И.А. Сирченко, Ю.И. Захаров // Каучук и резина. – 2001. – № 5. – С.6-9.
32. А.с. 1781244 СССР, МКИ С 08 L 9/02, С 08 К 13/02. Композиция для прослоечной резины / Ю.П. Завьялов, В.Н. Дедусенко, Г.А. Соколова, В.В. Вахненко, Ю.Н. Ващенко, Ю.И. Захаров, З.В. Онищенко (СССР) – № 4888712/05; Заявл. 27.07.90; Опубл. 15.12.92. Бюл. № 46. – 2 с.
33. Розробка композиційних модифікувансько-регенерувальних добавок для обробки гумової крихти / Ю.М. Ващенко, О.Г. Александров, Т.В. Ващенко, І.А. Сірченко // Хімічна промисловість України. – 2002. – № 1. – С.42-46
34. Грицак О.О., Ващенко Ю.М. Визначення технологічних особливостей модифікації поверхні подрібненого вулканізату на різному обладнанні // Східно-Європейський журн. передових технологій. – 2009. – № 4. – С.17-21.
35. Голуб Л.С., Ващенко Ю.М. Вивчення властивостей промислових еластомерних матеріалів, які містять подрібнений вулканізат // Вопр. химии и хим. технологии. – 2007. – № 1. – С.93-96.
36. Применение модифицированного измельченного вулканизата в резинах для шин и РТИ / Ващенко Ю.Н., Голуб Л.С., Захаров Ю.И. и др. // Вопр. химии и хим. технологии. – 2004. – № 5. – С.73-80.
37. Фурса О.А., Ващенко Т.В., Ващенко Ю.Н. Эффективность применения обработанного растворами азотсодержащих соединений измельченного вулканизата в композициях для резиновой обуви // Вопр. химии и хим. технологии. – 2012. – № 4. – С.87-90.
38. Ващенко Ю.Н. Анализ эффективности обработки измельченного вулканизата на различном оборудовании // Каучук и резина. – 2012. – № 5 – С.44-45.

Надійшла до редакції 25.03.2013