

П.І. Баштаник, М.Я. Кузьменко, С.М. Кузьменко, Я.І. Євтушенко, Г.М. Ігоніна, А.Г. Головань

МОДИФІКАЦІЯ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКІВ [(АЛКОКСИ)(АКРИЛАТАЦИЛОКСИ)]ТИТАНАТАМИ ТА ТИТАНОКСАНАТАМИ

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

Здійснені дослідження з модифікації термопластів на основі суміші поліпропілену і поліаміду 6, армованих базальтовими волокнами. Апретування базальтового волокна [(алкокси)(акрилатацилокси)]титанатами та титаноксанами дало змогу підвищити міцність при розтязі композитів до 68,0 МПа, що дозволить виробам із них експлуатуватися більш тривалий термін і в більш широкому діапазоні навантажень та температур.

Термопласти широко використовуються у різних галузях господарства, у тому числі і для виготовлення виробів конструкційного призначення. Введення наповнювачів у термопласти часто не тільки знижує собівартість виробів із таких вже композиційних матеріалів, але і сприяє одночасному підвищенню їх фізико-механічних характеристик. Особливу доцільність забезпечує введення у термопласти волокнистих наповнювачів (неорганічної або органічної природи) [1,2]. При цьому посилюються такі властивості композитів як: опір до удару, до розтягування, зносу, стійкість до розтріскування, теплостійкість і низка інших.

Разом з цим, найбільший ефект досягається у тому випадку, якщо між волокнами наповнювача і полімерної матриці, за рахунок попереднього апретування наповнювача, на межі розподілу фаз реалізуються не тільки фізичні, але і хімічні зв'язки, які посилюють когезійну взаємодію і, як результат, забезпечують підвищення фізико-механічних характеристик [3].

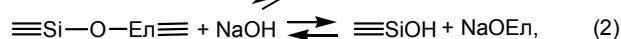
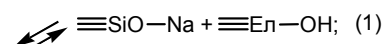
Раніше виконані дослідження з розробки базальтопластиків антифрикційного призначення на основі поліпропілену [4,5] показали доцільність армування такого термопласту базальтовим волокном. При цьому вдалося на 23,5% збільшити міцнісні характеристики нового композиту, на 7,3% – ударну в'язкість за Шарпі та на 2⁰С – теплостійкість за Віка, що забезпечило таким базальтопластикам більш широкий діапазон роботи в умовах підвищених силових навантажень.

З цієї точки зору викликало безперечний інтерес виконати дослідження з використання в якості апрету базальтового волокна [(алкокси)-(акрилатацилокси)]титанатів і титаноксанатів.

Як полімерну матрицю застосовували суміш поліпропілену та аліфатичного поліаміду, у

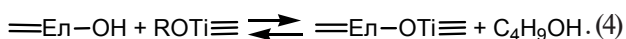
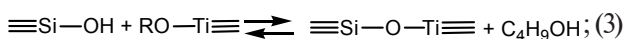
співвідношенні 96:4 мас.ч. При цьому було використано поліпропілен марки 21030 (ГОСТ 26996-86) з показником текучості розплаву 2,5–4,0 г/10 хв, який є кристалічним термопластом, стійким до динамічних навантажень та характеризується підвищеною жорсткістю. Одночасно, у суміші з поліпропіленом використовували поліамід марки ПА-6 210/310 (виробництва ВО «Гроднохімволокно», Республіка Білорусь), який призначений для виготовлення методом лиття під тиском конструкційних деталей, втулок, прокладок, підшипників ковзання, зубчаток тощо.

У якості неорганічного наповнювача використовували базальтові волокна, які одержують шляхом подрібнення джгута ЖБТР (ТУ У 002927.001-96) на відрізки довжиною 8–12 мм з характеристиками: діаметр елементарних волокон 8–10 мкм, лінійна густина джгута – 330 текс; розривне навантаження джгута – 375 мН/текс. Їх підготовку здійснювали згідно з методикою, опублікованою в [4], шляхом попереднього короткочасного оброблення розчином лугу. Це дозволило активувати поверхні шари волокон за рахунок їх реакції з розчином лугу за схемами 1, 2:



де Ел – Si, Al, Mg та ін., а також одночасно здійснювалося видалення з поверхні волокон замаслювачів.

Елементи з гідроксильними групами у структурі є потенційними для вступу у хімічні реакції з апретом, зокрема, із алкокси(бутоксигрупами похідних ортотитанової кислоти за схемами 3, 4:



Оброблення волокна розчином луку також сприяє появі на його поверхні додатково мікронерівностей, що збільшують площину поверхні активного контакту між полімерною матрицею і волокном і підвищують загальну силу фізичної взаємодії між полімером і наповнювачем [6].

Апретування волокна здійснювали 5%-ним розчином відповідного апрету у бутиловому спирті. Вміст адсорбованої на волокні сполуки змінювали від 0,00 до 1,25 мас.% через 0,25%. Ініціаторів радикального типу у розчин апрету не вводили.

Фізико-механічні властивості одержаних зразків базальтопластиків оцінювали в залежності з діючими стандартами для пластмас через 24 год після виготовлення. У таблиці наведені структурні формули (алкокси)(акрилатацилокси)-похідних ортотитанової кислоти, використаних в якості апретів базальтового волокна, і властивості базальтопластиків на основі поліпропілену та апретованих базальтових волокон, в залежності від кількості адсорбованого апрету.

На першому етапі були виконані дослідження залежності адгезійної міцності у системі «поліпропілен–базальтове волокно» від кількості і природи адсорбованого на волокні апрету. Отримання такої залежності дає чітку картину тих показників фізико-механічних властивостей композиту, які можна досягти у подальшому.

Оцінювання адгезійної міцності у системі «поліпропілен – базальтове волокно» від концентрації і природи використаного апрету здійснювалась прямим методом, згідно з [7], а дані експериментів відображені на рис. 1.

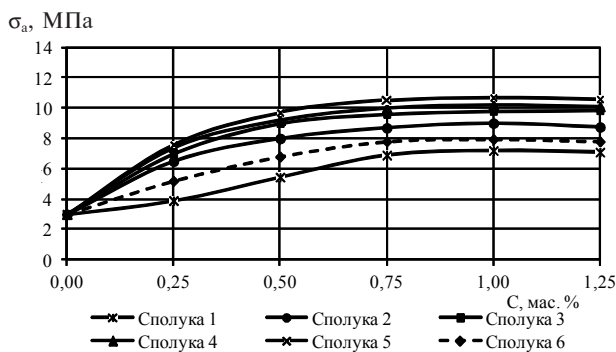


Рис. 1. Залежність адгезійної міцності у системі «поліпропілен–базальтове волокно» від концентрації апретів на волокні

З наведених даних (рис. 1) видно, що зі зростанням кількості адсорбованого на поверхні наповнювача апрету, у всіх випадках, за аналогічною закономірністю зростає величина ад-

гезійної міцності у системі «поліпропілен–базальтове волокно».

Однак, така закономірність має екстремальний характер, з досягненням найбільшого значення адгезійної міцності при кількості адсорбованого апрету на волокні на рівні 0,75 мас.%. Подальше збільшення кількості адсорбованого на базальтовому волокні апрету вже не приводить до підвищення величини адгезійної міцності у системі, а, навпаки, супроводжується її поступовим зниженням.

Разом з тим, величина адгезійної міцності суттєво залежить від природи апрету, що використовується. Найбільш низьке значення показника адгезійної міцності, що досягається (7,2 МПа) характерно для композитів, для яких у якості апрету використовували сполуку 1 (таблиця) – тетрабутоксититан (ТБТ), у структурі якого відсутні поляризовані акрилатацилокси групи біля атома титану. Введення у молекулу ТБТ замість бутоксигрупи одного акрилатацилоксирадикала (сполука 2 таблиці), сприяє збільшенню величини адгезійної міцності вже до 9,0 МПа. Подальше заміщення бутоксигруп біля атома титану на акрилатацилоксильні радикали призводить до зростання адгезійної міцності у системі «поліпропілен – базальтове волокно» до 9,8; 10,2; 10,7 МПа відповідно (сполуки 3, 4, 5 таблиці).

Якщо проаналізувати вплив наявності у структурі апрету титаноксанового зв'язку (типу $\equiv\text{Ti}-\text{O}-\text{Ti}\equiv$, сполука 6, у структурі якої є титаноксановий зв'язок) і сполуки 2, у структурі якої такий титаноксановий зв'язок відсутній, при однаковій кількості бутоксигруп біля атома титану, заміщених на акрилатацилоксильний радикал (кожна четверта бутоксигрупа), то бачимо, що введення у структуру апрету більш жорсткого титаноксанового зв'язку призводить, навпаки, до зменшення величини показника адгезійної міцності у системі від 9,0 МПа для сполуки 2 до 7,8 МПа для сполуки 6.

Таким чином, заміна у структурі апретів, що використовуються, донорних бутоксигруп біля атома титану на акцепторний залишок ненасиченої акрилової кислоти сприяє підвищенню адгезійної міцності між базальтовим волокном і поліпропіленовою матрицею, що свідчить про можливість одержання базальтопластиків з більш високими механічними характеристиками. І навпаки, введення у структуру апрету жорсткого титаноксанового зв'язку призводить до падіння величини адгезійної міцності у системі «поліпропілен–базальтове волокно».

На наступному, другому етапі досліджень, з використанням попередньо апретованого розглянутого низкою сполук 1–6 базальтового волокна, за методикою [4] були одержані базальтопластики на основі вихідної суміші поліпропі-

лену з поліамідом (ПА-6) і проаналізовані їх властивості в залежності від кількості і природи апрету на волокні (таблиця та рис. 2).

Як і в попередньому дослідженні, максимальні характеристики базальтопластиків в усіх випадках досягаються при нанесенні апретів у кількості 0,75 мас.% від маси базальтового волокна, а сама залежність має також екстремальний характер.

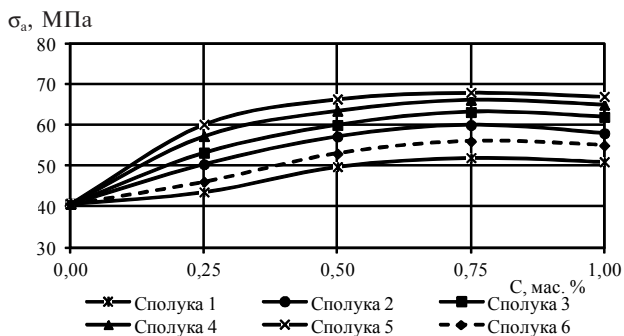


Рис. 2. Міцнісні характеристики базальтопластиків у залежності від концентрації і природи апрету на волокні

При розгляді залежності властивостей експериментальних зразків базальтопластиків на основі апретів 1–6 від їх кількості, у яких змінним фактором є: відсутність біля атому титану електронно-акцепторних (акрилатацилоксигруп – сполука 1), або послідовне збільшення їх кількості біля атому титану (сполуки 2–5), або введення у структуру більш жорсткого титаноксанового зв'язку (сполука 6), виявляються аналогічні, раніше виявлені закономірності: залежність носить екстремальний характер з досягненням найбільш високих значень при нанесенні апретів у кількості 0,75 мас.% від маси базальтового волокна. Разом з тим, зі збільшенням у структурі апрету кількості полярних акрилатацилоксигруп біля атому титану ці показники за абсолютною величиною зростають, досягаючи максимальних значень при використанні сполуки 5, в якій всі бутоксигрупи заміщені на акрилатацилоксильні (міцність при розтязі становить 68,0 МПа; ударна в'язкість за Шарпі – 64,0 кДж/м²), що на 41,0% та 30,0%, відповідно, вище, ніж для базальтопластиків, армованих неапретованим волокном.

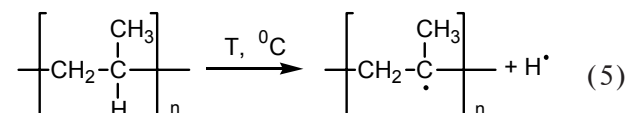
Одержання експериментальних зразків базальтопластиків з більш високими фізико-механічними характеристиками, при використанні у якості апрету базальтових волокон сполук 1–6 ряду, що розглядався, можна пояснити наступним [8]: поліпропілен є висококристалічним термопластичним матеріалом. А високоупорядковані кристалічні полімери поряд з високим рівнем фізико-механічних властивостей характеризуються, одночасно, і високим рівнем внутрішніх напружень. Для зняття їх в полімер вводять пластифікатори, або здійснюють модифі-

кацію шляхом прищеплення бічних замісників такого об'єму, які дозволяють частково зменшити ступінь упорядкованості макромолекул, тобто розпушити надмолекулярні угруповання [10].

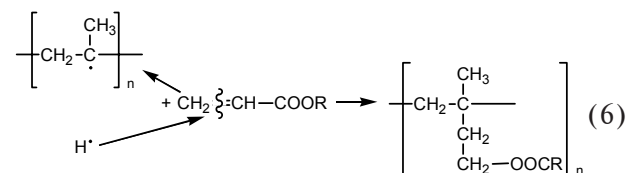
Наприклад, при введенні у поліпропілен вінілових мономерів (акрилонітрилу, акриламід, вінілацетату та ін.) [9,10] у процесі перероблення його в вироби литтям під тиском в температурних межах 210–230°C спостерігаються деструктивні процеси по двох різних напрямках:

– окиснювана, під дією кисню повітря адсорбованого і того, який потрапляє у матеріальний циліндр литтєвої машини разом з гранулами поліпропілену, і виникненням на початковому етапі пероксидів, гідрпероксидів, їх розпадом і подальшим автокаталітичним процесом прискорення деструкції;

– термічна деструкція, яка обумовлена відривом рухомого водню біля третинного атома карбону ланцюга, реакційність якого в 10 разів вища водню в –CH₂-групі і в 40 разів вище водню в CH₃-групі, за схемою 5:

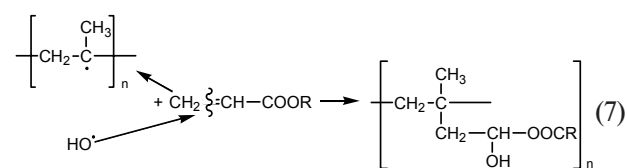


У подальшому, радикали, що виникають, можуть приєднуватись до електронно-ненасичених груп, наприклад, до π-ненасиченого зв'язку акрилатоподібного, за схемою 6:



з гасінням радикалів і утворенням бічного замісника, який сприяє частковому розпушуванню надмолекулярних утворень, зняття внутрішніх напружень.

Одночасно, при наявності окиснюваних процесів, коли виникають пероксидні, гідрпероксидні групи, при розпаді яких у подальшому виникають ·OH-радикали, які взаємодіють за схемою 7:



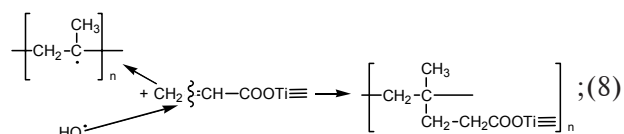
з гасінням радикалів і утворенням об'ємного

бічного замісника з функціональною гідроксильною групою у структурі, яка в подальшому вступає в інші хімічні реакції.

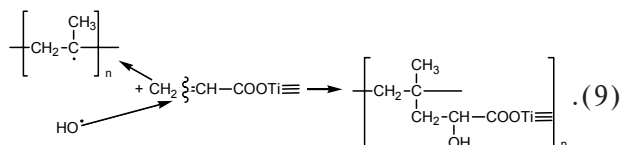
У будь-якому випадку, сумарний ефект від одночасного протікання окиснювальної та термічної деструкції поліпропілену у присутності акрилового модифікатора позитивний і дозволяє як різко зменшити деструктивні процеси, так і підвищити фізико-механічні властивості.

У нашому випадку, при використанні в якості апрету (бутокси)(акрилатацилокси)титанатів або титаноксанатів, по аналогії, можуть протікати такі ж реакції, а саме:

– при термічній деструкції за схемою 8:



– при термоокиснюваній деструкції за схемою 9:



Вони сприяють гасінню радикалів (тобто, припиненню автокаталітичних, окиснюваних і термічних процесів деструкції), а при наявності у структурі двох і більше акрилатацилоксильних радикалів біля атома титану апрету – до просторової зшивки. Як наслідок, це сприяє підвищенню фізико-механічних властивостей композиційного матеріалу і зменшенню деструктивних явищ.

Слід пам'ятати, що як на стадії апретування, так і при окиснюваній деструкції, коли виникають проміжні високомолекулярні продукти деструкції з киснем у структурі (альдегіди, спирти, кислоти та ін.), може реалізовуватись додаткова сітка більш міцних за водневі координаційних взаємодій, які згідно з [11] не поступаються σ-зв'язку, і які будуть вносити певний

Фізико-механічні властивості експериментальних зразків базальтопластиків на основі поліпропілену в залежності від природи апрету і його кількості

№ п/п	Структурна формула апрету	Показники, що характеризують властивості	Кількість апрету на волокні, мас.%				
			0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
1	Ti(OC ₄ H ₉) ₄ (мас.% -(OC ₄ H ₉)=85,9 М.М.=340,0)	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,00	1,56	1,34	1,23	1,12
		міцність при розтязі, МПа	40,7	43,6	49,8	52,0	51
		відносне видовження при розтязі, %	92	104	112	138	128
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	44,9	50,1	55,2	59,3	56,4
		теплостійкість за Віка, °С	160	162	165	169	167
2	Ti(OC ₄ H ₉) ₃ (-OOCCH=CH ₂) (мас.% -(OC ₄ H ₉)=64,82 М.М.=338,01)	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,00	1,74	1,62	1,48	1,32
		міцність при розтязі, МПа	40,7	50,4	57,2	60,0	58,0
		відносне видовження при розтязі, %	92	98	106	112	108
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	44,9	51,2	56,4	59,0	57,2
		теплостійкість за Віка, °С	160	164	167	170	168
3	Ti(OC ₄ H ₉) ₂ (-OOCCH=CH ₂) ₂ (мас.% -(OC ₄ H ₉)=43,47 М.М.=336,02)	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,00	1,63	1,58	1,51	1,48
		міцність при розтязі, МПа	40,7	53,2	60	63,2	62
		відносне видовження при розтязі, %	92	102	108	110	107
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	44,9	53,2	57,1	60,2	55,4
		теплостійкість за Віка, °С	160	166	170	172	169
4	Ti(OC ₄ H ₉) ₁ (-OOCCH=CH ₂) ₃ (мас.% -(OC ₄ H ₉)=21,87 М.М.=333,97)	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,00	1,57	1,44	1,36	1,24
		міцність при розтязі, МПа	40,7	57,3	63,5	66,2	65,0
		відносне видовження при розтязі, %	92	105	109	113	108
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	44,9	55,1	60,0	62,0	58,4
		теплостійкість за Віка, °С	160	165	168	173	167
5	Ti(-OOCCH=CH ₂) ₄ (мас.% -(OC ₄ H ₉)=0 М.М.=331,96)	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,00	1,42	1,38	1,27	1,08
		міцність при розтязі, МПа	40,7	60,2	66,4	68,0	67,0
		відносне видовження при розтязі, %	92	108	120	124	119
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	44,9	57,3	61,8	64,0	60,4
		теплостійкість за Віка, °С	160	167	170	172	168
6	[(H ₉ C ₄ O)TiO _{0,35} (OC ₄ H ₉) _{1,475} - (OOCCH=CH ₂) _{0,825}] _{2,18} (мас.% -(OC ₄ H ₉)=61,38 М.М.=642,05)	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,00	1,85	1,63	1,53	1,32
		міцність при розтязі, МПа	40,7	46,1	53,0	56,0	55,0
		відносне видовження при розтязі, %	92	98	112	125	118
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	44,9	50,1	54,8	57,4	56,1
		теплостійкість за Віка, °С	160	163	165	168	166

внесок у підвищення фізико-механічних властивостей кінцевого базальтопластику. Ці взаємодії неможливо відділити від дії інших розглянутих. Прикладом, що підтверджує цей факт, є наявність сильних адгезійних взаємодій і підвищеної міцності базальтопластику, коли в якості апрету використовується сполука 5, у структурі якої відсутні реакційноздатні бутоксигрупи біля атома титану. А це означає відсутність можливих реакцій за схемами 3, 4. Усі вищеперелічені хімічні реакції і взаємодії, що протікають у поліпропіленовій композиції одночасно при литті під тиском у діапазоні 210–230°C, сприяють сумарному позитивному ефекту, що фіксується у вигляді більш високих фізико-механічних показників базальтопластиків.

Таким чином, здійснені дослідження з використання ряду [(алкокси)(акрилатацилокси)]-титанатів і титаноксанаів з різною кількістю алкоксигруп біля атома титану у якості апрету базальтового волокна, показали:

– що таке оброблення базальтового волокна у кількості 0,75±0,25 мас.% дозволила одержати базальтопластики з більш високим комплексом фізико-механічних характеристик (до 68,0 МПа, проти 41,0 МПа для неапретованого волокна, тобто на 66% вище);

– найбільших значень фізико-механічних характеристик базальтопластиків вдається досягти при нанесенні на волокно апретів ряду, що розглядався, у межах 0,75–1,00 мас.% і підвищити механічні показники приблизно у 2 рази при використанні тетра(акрилатацилокси)титану;

– вироби із розроблених базальтопластиків, в яких застосовуються доступні і більш назко-вартісні сировинні матеріали, можуть бути конкуренто-спроможними при використанні у різноманітних механізмах, конструкціях та ін.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тростянская Е.Б. Термопласты конструкционного назначения. – М.: Химия, 1975. – 240 с.
2. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. – М.: Химия, – 1991. – 259 с.
3. Властивості базальтопластиків на основі сумішей термопластів / П.І. Баштанник, М.Я. Кузьменко, С.Ю. Кольяда, В.Г. Маласай // *Вопр. химии и хим. технологии.* – 2012. – № 6. – С.66-68.
4. Баштанник П.И., Овчаренко В.Г. Базальтопластики антифрикционного назначения на основе полипропилена // *Механика композитных материалов.* – 1997. – Т.33. – № 3. – С.417-421.
5. Баштанник П.И. Конструкційні термопластичні базальтопластики // *Хімічна промисловість України.* – 1999. – № 6. – С.48-49.
6. Дослідження впливу поверхневої модифікації базаль-

тових волокон / Д.О. Черваков, П.І. Баштанник, М.В. Бурмістр, Т. Czigany, Т. Deak // *Вопр. химии и хим. технологии.* – 2006. – № 5. – С.166-169.

7. Горбаткина Ю.А. Адгезионная прочность в системе полимер-волокно. – М.: Химия, –1987. – 192 с.

8. Чирков И.И., Пирогов О.Н. Полипропилен // *Энциклопедия полимеров.* – М.: Советская энциклопедия, – 1977. – Т.3. – С.209-214.

9. Манясек З., Беллучи Д. Химические реакции полипропилена / В кн. Полипропилен. Пер. со словацкого В.А. Егорова. Под ред. Пилиповского В.И., Ярцева И.К. – Л.: Химия, 1967. – С.124-160.

10. Кеннеди Д.П., Лангер А.В. Современные достижения в катионной полимеризации // *Успехи химии.* – 1967. – Т.36. – № 1. – С.77-141.

11. *Энциклопедия полимеров: энциклопедия* / Ред. В.А. Каргин. – М.: Советская энциклопедия. – 1972. – Т.1. – С.1100-1118.

Надійшла до редакції 19.05.2014

MODIFICATION OF BASALT PLASTICS BY (ALKOXY)(ACRYLATACYLOXY) TITANATES AND TITANOXANATES

P.I. Bashtanik, N.Ya. Kuzmenko, A.M. Igonina, Ya.I. Evtushenko, A.G. Golovan

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine

Introduction of fillers to thermoplastics not only decreases the cost of products but favors simultaneous increasing their physical and mechanical characteristics. In this work, investigations on the modification of thermoplastics on the base of mixture of polypropylene and polyamide 6 armored by basalt fibers have been carried out. The dressing of basalt fibers by (alkoxy)acrylatacyloxy titanates and titanoxanates allows increasing the durability at composites stretching till 68.0 MPa that will allow exploiting the products made of them for a longer term and in a wider range of loads and temperatures. The highest values of physical and mechanical characteristics of basalt plastics are reached when dressing the fiber by compounds under consideration in the range of 0.75–1.00 mas.%; simultaneously, mechanical parameters being redoubled if using tetra(acrylatacyloxy) of titanium. Further increasing the quantity of dressing substance on basalt fibers is not reasonable because it leads to a decrease in physical and mechanical characteristics of composites. The products made of the developed basalt plastics, in which simpler and cheaper raw materials are used, will be able to meet competition at applying in different mechanisms and constructions.

Keywords: basalt plastics; dressing; (alkoxy)(acrylatacyloxy) titanates; titanoxanates; adhesion durability; durability at stretching; extrusion; casting under pressure.

REFERENCES

1. Trostyanskaya E.B., *Termoplasti konstrukcionnogo naznacheniya* [Thermoplastics for constructional destination]. Khimiya, Moscow, 1975. 240 p. (in Russian).
2. Lipatov Yu.S., *Fiziko-khimicheskie osnovy napolneniya polimerov* [Physico-chemical grounds of polymers filling]. Khimiya, Moscow, 1991. 259 p. (in Russian).
3. Bashtanik P.I., Kuzmenko N.Ya., Kolyada S.Yu., Malasay V.G., *Vlastyvoli bazaltplastykiv na osnovi sumishei termoplastov* [The properties of basalt plastics on the basis of thermoplastics mixtures]. *Voprosy khimii i khimicheskoi technologii*, 2012, no. 6, pp. 66-68. (in Ukrainian).
4. Bashtanik P.I., Ovcharenko V.G. Bazaltplastiki anti-

friktsionnogo naznachenii na osnove polipropilena [Antifrictional basalt plastics on the basis of polypropylene]. *Mekhanika kompozitnykh materialov*, 1997, vol. 33, no. 3, pp. 417-421. (in Russian).

5. Bashtanik P.I., Konsruktsiyni termoplastychni bazaltoplastyky [Constructional thermoplastic basalt plastics]. *Khimichna Promyslovist' Ukrayiny*, 1999, no. 6, pp. 48-49. (in Ukrainian).

6. Chervakov D.O., Bashtanik P.I., Burmistr M.V., Czigan T., Deak T. Doslidzheniya vplyvu poverkhnevoi modifikatsii bazaltovykh volokon [Investigation on influence of surface modification of basalt fibers]. *Voprosy khimii i khimicheskoi technologii*, 2006, no. 5, pp. 166-169. (in Ukrainian).

7. Gorbatkina Yu.A., *Adgezionnaya prochnost' v sisteme polimer-volokno* [Adhesive strength in a system of polymer-fiber]. Khimiya, Moscow, 1987. 192 p. (in Russian).

8. Chirkov I.I., Pirogov O.N., Polipropilen [Polypropylen]. In *Entsiklopediia Polimerov* [Encyclopedia of polymers]. Soviet Encyclopedia, Moscow, 1977, vol. 3, pp. 209-214. (in Russian).

9. Maniasek Z., Belluchi D., Khimicheskie reaktsii polipropilena [Chemical reaction of polypropylene]. In *Polypropylene*. Eds. Pilipovskii V.I., Yartsev I.K., Khimiya, Leningrad, 1967. pp. 124-160. (in Russian).

10. Kennedi D.P., Langer A.V. Sovremennye dostizheniia v kationnoi polimerizatsii [Modern progress in cationic polymerization]. *Uspeski khimii*, 1967, vol. 36, no. 1, pp. 77-141. (in Russian).

11. Matveeva N.G., Koordinatsionnye polimery [Coordination Polymers]. In *Entsiklopediia Polimerov* [Encyclopedia of polymers]. Soviet Encyclopedia, Moscow, 1972, vol. 1, pp. 1100-1118. (in Russian).