

Újrahasznosított műanyag hulladék és gumiőrlemény alapú, nagy műszaki értékű termékek kifejlesztése (III.)

A gumi- és termoplasztikus polimer hulladékok újrahasznosítása és égésgátló műanyagok kifejlesztése eddig egymástól elkülönülő kutatási területet képviselt. Az eredmény az újrahasznosítás területén általában alacsony értékű reciklátum, az égésgátlás területén pedig drága és gyakran környezet- és egészségkárosító megoldás volt. Szükségesnek tartjuk a két kutatási irány összekapcsolását: a gumi- és termoplasztikus polimer hulladékok minőségjavulást biztosító újrahasznosítását (upcycling) és újfajta, gazdaságos, biztonságos és környezetbarát égésgátlását (pl. halogénmentes, nanoszerkezetű). Munkánk célja új, hőre lágyuló, elastomer jellegű, polimer- és gumihulladék alapú (újszerű mikroszerkezetű) alapanyag- és termékcsalád kifejlesztése, amelyet az alacsony ár, a széles skálán változtatható rugalmassági modulus, a jó feldolgozhatóság, elsősorban halogénmentes, önkilóto fokozatú égésgátlás és az újrahasznosíthatóság jellemez.

Up till now, the recycling of rubber and thermoplastic polymer waste and the development of fire retardant plastics have represented two separate fields of scientific research. This phenomenon has often resulted in the development of low value recyclates in the field of recycling, and expensive, moreover often health damaging and environmentally destructive solutions in the field of fire retardation. Therefore, we feel it necessary to join these two fields of scientific research, namely, to connect the up-cycling process (recycling also associated with product quality improvement) of rubber and thermoplastic polymer waste with their environment friendly fire retardation (e.g.: halogen-free, nanostructured products).

The objective of our work is to produce thermoplastic, elastomer-like polymer-based and rubber waste (substances of new microstructural nature) and a related product line, characterised by cheap prices, a highly variable dynamic modulus, good processability, the stage of self quenching regarding fire retardation and recyclability.

Die Wiederverwertung von Gummi- und thermoplastischen Polymerabfällen und die Entwicklung von Kunststoffen mit Feuerwiderstand waren bisher zwei getrennte Forschungsgebiete. Das Ergebnis im Bereich der Wiederverwertung war meistens Rezyklate von niedrigem Wert, im Bereich des Feuerwiderstands war es eine teure und oft umwelt- und gesundheitsschädliche Lösung. Wir halten es für notwendig, die beiden Forschungsgebiete miteinander zu verbinden, die Wiederverwertung von Gummi- und thermoplastischen Polymerabfällen, die mit Qualitätsverbesserung einhergeht, (upcycling), und ihren neuartigen, wirtschaftlichen, sicheren und umweltfreundlichen Feuerwiderstand (z.B. halogenfrei, mit Nanostruktur). Das Ziel unserer Arbeit besteht darin, eine neue Grundstoff- und Produktfamilie auf thermoplastischer, elastenartiger Polymer- und Gummiabfallbasis (mit neuer Mikrostruktur) zu entwickeln, die durch den niedrigen Preis, einen auf einer langen Skala variablen Elastizitätsmodul, gutes Verarbeitungsvermögen, in erster Linie halogenfreien Feuerwiderstand mit Selbstauslöser-Stufe und Wiederverwertung gekennzeichnet wird.

Amint azt a korábbi cikkekben vázoltuk [1, 2], a gumi- és termoplasztikus polimer hulladékok újrahasznosítása nagyon fontos környezetvédelmi feladat, de az újrahasznosítási technológiák általában csökkent mechanikai jellemzőjű, **alacsonyabb műszaki értékű termékeket** eredményeznek, amelyekre a kereslet egyre csökken. Ez visszahat az újrahasznosításra is, csökkentve annak mértékét, miközben egyre nagyobb és nagyobb mértékű visszadolgozásra lenne szükség.

Felismertük, hogy ezen a negatív tendencián csak úgy lehet segíteni, ha az újrahasznosítás során **magasabb műszaki értékű termékeket** sikerül létrehozni. Ezt úgy lehet megvalósítani, hogy az olcsóbb reciklátumokból olyan kompaundokat, ill. termékeket hozunk létre, amelyeknek speciális használati funkciói vannak. Ilyenek lehetnek pl. a megnövelt stabilitás, egyszerűállóság, vagy egyéb előnyök, mint pl. az égésgátlóság, zajtompítás, hőszigetelés, amely funkciók betöltése nem igényel extrém mechanikai tulajdonságokat. **A minőségjavulást biztosító újrahasznosítás (upcycling)** megvalósítása a polimer kutatás legújabb eredményeinek, így pl. a korszerű határfelület-módosítási módszerek, a nanotechnológia, a korszerű (halogénmentes) égésgátlás módszereinek alkalmazását igényli. Ezen eredmények adaptálásához azonban szükség van alkalmazott kutatásokra, kísérleti fejlesztésekre is. Az újrahasznosítás megvalósítását ezért egy konzorciumi kutatás keretében végeztük, amelyben a PEMŰ Zrt. mellett részt vett a BME Polimertechnika Tanszéke (PT), a Szerves Kémia és Technológia Tanszéke (SZKT) és a KÖRTE Zrt.

Gumiőrlemény tartalmú kompaundok

Újrahasznosított poliolefin, konkrétan PE és PP mátrixú, gumiőrlemény tartalmú kompaundok előállítása nem könnyű feladat, tekintve, hogy a gumiőrlemény térhálós polimer, ezért nem olvad meg, felületén nincsenek funkciós csoportok, kicsi az adhéziója, tagolt a felülete, így nehéz más polimerekkel egybeépíteni. További problémát jelent, hogy a gumiőrlemény tartalmú, poliolefin mátrixú kompaundok előállítása a komponensek 150–250 °C hőmérséklet tartományban végzett termomechanikus homogenizálásával történik. A gumiőrlemény kén-tartalmú térhálósító komponense már 150 °C alatt bomlani kezd és a kompaundnak jellegzetes "gumiszagot" kölcsönöz, amely a kompaundból készült termékek használatát kellemetlenné teheti. Az említett problémához járul hozzá az a körülmény, hogy az újrahasznosított nyersanyagok minősége is ingadozik. A projekt részét képezte az újrahasznosított kompaundok égésgátló formában történő előállítása is, amit az a közismert tény nehezít, hogy a gumi viszonylag nehezen gyűjthető meg, ha viszont meggyulladt, akkor nagyon nehezen oltható el.

A fejlesztőmunka során üzemi szintű kompaundálással kísértük meg a laborszinten kifejlesztett, legjobb eredményeket adó kompaundokat granulátumként, vagy közvetlenül lemeztermékként előállítani. A kísérleti gyártásokban a PEMŰ Zrt. kompaundáló gépei alkalmasnak bizonyultak a többkomponensű rendszerek hatékony homogenizálására, granulálására, az on-line lemezgyártó soron pedig a kompaundokból közvetlenül lehetett lemeztermékek széles választékát előállítani.

A feldolgozhatóság, valamint a termékjellemzők széles körű változtatása érdekében többféle alapanyagot (különböző eredeti és regnulat polietilén és polipropilén típusok), módosító anyagot, és adalékanyagot vizsgáltunk.

Modifikáló, kompatibilizáló anyagok:

- Etilén-vinilacetát kopolimer (EVA)
- Klórozott polietilén (CPE)
- Etilén-butilakrilát (Lucofin 1400 HN)
- Calprene (SBS)
- Termoplasztikus elasztomer (TPE).

Ezen anyagokkal végzett modifikálás irányt mutatott a tulajdonságok befolyásolhatóságára és a feldolgozhatóságra vonatkozó lehetőségek és korlátok tekintetében. Ezeket extrúziós és fröccsöntési technológiákra egyaránt meghatároztuk, majd mindkét célra gyártottunk kompaundokat és azokból termékeket.

Számos adalékanyagot (UV-stabilizátorok, égésgátlók, zeolit, agyagásványok stb.) is kipróbáltunk.

A kompaundok tulajdonságainak, jellemzőinek javítása

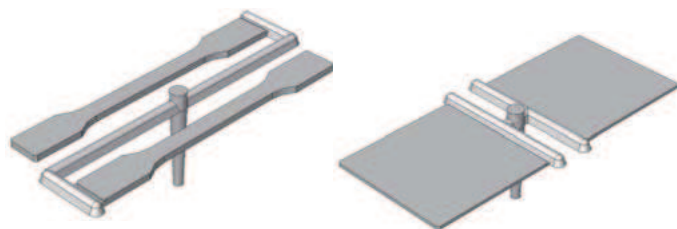
A gumiőrlemények hasznosításával gyártott kompaundok mechanikai jellemzőinek bevezetőben említett romlását adalékanyagokkal, a komponensek kompatibilizálásával lehet ellensúlyozni, illetve csökkenteni.

A reciklált gumiőrleménnyel társított kis sűrűségű polietilén (LDPE) fröccs alapanyag kifejlesztése a Polimertechnika Tanszéken történt. A fröccsöntött minták tulajdonságainak módosítása utólagos nagyenergiájú sugárzással (a FE-MA Kft. segítségével) történt. A fröccs alapanyag, illetve az abból készített próbatetek minősítését szakító-, éjtőssúlyos, MFI vizsgálatokkal és keménységmérésekkel, illetve mikroszkópos vizsgálatokkal végeztük.

Az előállított fröccs alapanyagok alapja egy nagy folyóképességű kissűrűségű polietilén (LDPE, TIPOLEN OF2016, TVK Nyrt.) volt, amelyhez ócsai reciklált gumiőrleményt (SRP) adagoltunk 0...45 m% arányban. Kompatibilizáló szerként etilén-vinilacetát (EVA) került bekeverésre 0...20 m%-ban. Referenciaként a módosítatlan LDPE és EVA szolgált.

A komponensek keverése Brabender Plasti-Corder PL 2100 típusú kétszágas keverőextruderén történt, majd az extrudátumot Brabender típusú granuláló berendezésen aprítottuk megfelelő méretűre.

A granulátumokból ARBURG ALLROUNDER 320C 600-250 típusú fröccsöntő gépen az 1. ábrán látható formájú próbateteket fröccsöntöttük.



1. ábra. Gumiőrlemény-tartamú fröccsöntött próbatetek

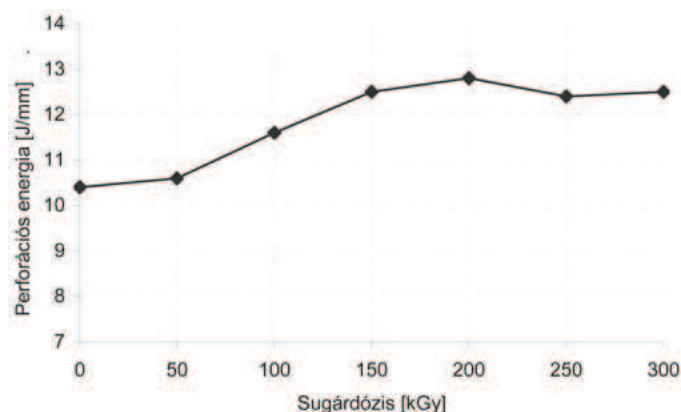
A vizsgálati eredményekből megállapítható volt, hogy a gumiőrlemény csökkenti a keverékek szilárdságát. A kompatibilizáló szerként alkalmazott EVA (a húzószilárdság rovására) megnöveli az anyag szakadási nyúlását és energiaelnyelő képességét („gumiszerűvé” teszi az anyagot).

Az elektronsugárzás hatását különböző arányú LDPE-t, EVA-t és gumiőrleményt tartalmazó blendék tulajdonságaira az előzőekben leírt vizsgálati módszerekkel követtük nyomon.

A besugárzás egy LUE-085-V lineáris típusú elektrongyorsító berendezéssel történt, amelynek főbb adatai a következők:

- Névleges energia: 8 MeV
- Teljesítmény: 5 kW
- Pásztázás szélessége: 520 mm
- Pásztázás frekvenciája: 5 Hz

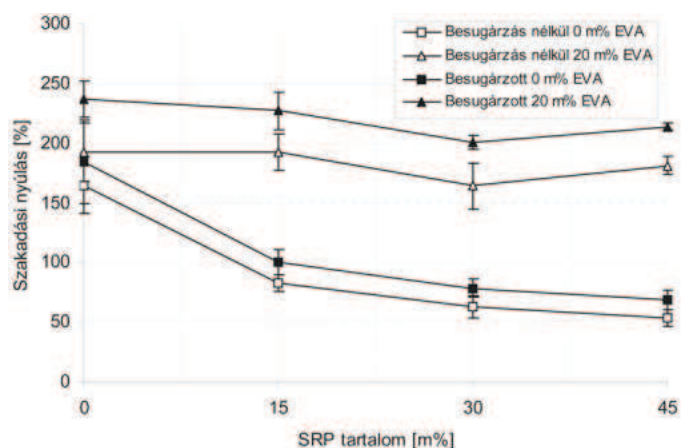
Előkísérletek során meghatároztuk azt a sugárdózist, amely által a kezelt blendék – a térháló kialakulásának eredményeként – a legjobb mechanikai jellemzőket érik el. A vizsgálat során arra a következtetésre jutottunk, hogy 150 kGy dózis értékig egyértelmű növekedés tapasztalható, viszont ezen érték felett gyakorlatilag azonosnak tekinthető az anyagok perforációs energiája (2. ábra). Azaz ennél nagyobb mértékű besugárzás alkalmazása a költséghatékonyság szempontjából és az esetleges degradáció elkerülése érdekében szükségtelen.



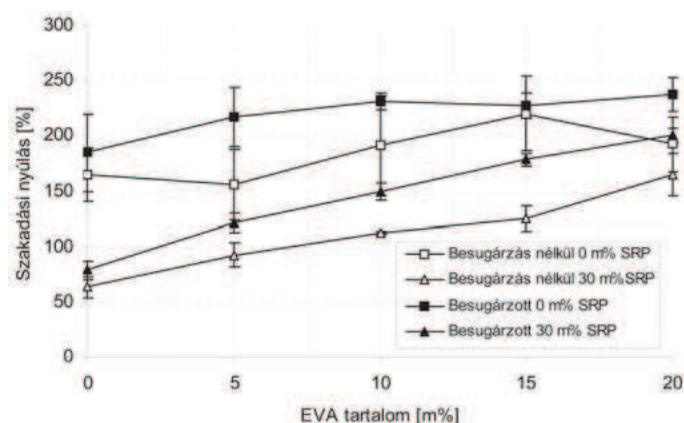
2. ábra. Perforációs energia a sugárdózis függvényében polietilén esetében

Besugárzás hatására az egyes mechanikai jellemzők, a polietilén bekövetkező térhálósodása révén, a különböző összetételek nagyobbik részében növekedtek (3. ábra). Természetesen az EVA-tartalom is kifejtette a kedvező hatását a szakadási nyúlás növekedésére, még a besugárzás nélküli esetben is (4. ábra).

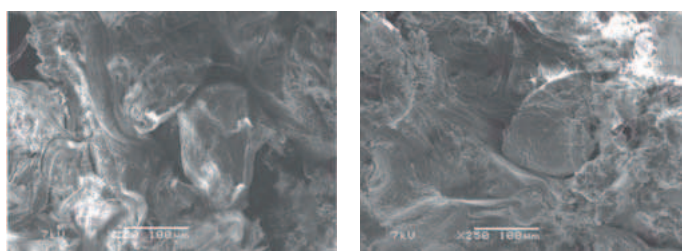
Az elektronmikroszkópos felvételeken a töretfelületeket vizsgálva látható, hogy a besugárzás javította a gumi és polietilén kapcsolatát, mert a vizsgált gumiszemcsét lényegesen jobban magába foglalja a mátrix anyag, mint besugározatlan megfelelőjét, ahol a szemcse mellett kitöltetlen réseket figyelhetünk meg (5. ábra).



3. ábra. Besugárzás hatása 0 és 20% EVA-tartalmú blendék szakadási nyúlására a gumiőrlemény (SRP) tartalom függvényében



4. ábra. Besugárzás hatása 0 és 30% gumiőrlemény (SRP) tartalmú blendek szakadási nyúlására az EVA-tartalom függvényében



5. ábra. 70PE30SRP jelű kompaund tört felületének SEM felvétele (250X),
a) besugárzás előtt tört, b) besugárzás után tört (150 kGy)

A szakirodalomban a komponensek homogenitásának és kölcsönhatásának növelésére, ezen keresztül a kompaundok mechanikai tulajdonságainak javítására, termoplasztikus elasztomer adagolása mellett, több példa található. Ugyanígy a gumiőrlemény felületmódosítására is, amelyeket korábban már összegeztünk.

A gyakorlatban általában olyan megoldások kerülnek ténylegesen alkalmazásra, amelyek meglévő berendezéseken, a paraméterek megfelelő alakításával, és legfeljebb minimális mennyiségű adalékokkal, az olcsó, újrahasznosított mátrix polimerekkel képesek elfogadható minőségű kompaundokat adni.

Az egyszerű technológiai megvalósíthatóságot, a többcélú alkalmazhatóságot valamint gazdaságossági szempontokat figyelembe véve elsősorban a termoplasztikus elasztomerrel és kölcsönhatást növelő, maleált-polietilénnel módosított kompaundokkal végzett kísérletek adtak kedvező tulajdonságú kompaundokat.

Az égésgátlás megoldási lehetőségei

A műanyagok és gumik többsége szénhidrogén alapú, ezért éghető. Nyilvánvaló, hogy ezekből a komponensekből készített keverékek szintén éghetők. Mivel az ilyen kompaundok jelentős részben olyan helyen kerülhetnek alkalmazásra, ahol a biztonság fontos, pl. közlekedés, építőipar és elektromos ipar, ezért szükséges, hogy ezek égésgátló, vagy nehezen éghető formában kerüljenek felhasználásra. A gumiőrlemény tartalmú kompaundok égésgátlásával foglalkozó irodalmi forrás minimális, ezért az ilyen típusú kompaundok égésgátlására olyan megoldásokat kerestünk, amelyeket a poliolefinok, ill. gumik égésgátlására egyaránt alkalmaznak, így feltehetően keverékükből készült kompaundok esetén is hatásosnak bizonyulnak.

A szakirodalom szerint a poliolefinok és gumik égésgátlására található példák a gyakorlatban alkalmazott összes égésgátló

ló típust felölelik, így pl. a halogéntartalmú vegyületek, fémhidroxidok, foszforvegyületet tartalmazó adalékok, nanoszilikátok, ill. kombinációik felhasználásával egyaránt készítettek égésgátló rendszereket. Gazdaságossági és környezetvédelmi megfontolásból foszforvegyületek és fémhidroxid típusú adalékok alkalmazásával került sor égésgátló kompaundok kialakítására a SZKT Tanszéken végzett kísérleteink során.

Az egyik variációban újrahasznosított PE, poliuretán (PUR) és gumiőrlemény tartalmú (15%) lemezt készítettünk, ammónium-polifoszfát (APP) adalékkal égésgátlóva. Az égésgátlás tehát ez esetben foszfortartalmú felhabosodó adalékrendszerrel történt, amelyben a szenesítő komponens APP, a szenesedő és részben habosító komponens a hulladék poliuretán (PUR-őrlemény). Amennyiben a mátrixként szolgáló PE is reciklált komponens, a kompozit újrahasznosított polimer tartalmának lehetséges mértéke 45%. A kompaund gumiőrlemény tartalmának és az alkalmazott mátrixnak köszönhetően a kompaund gumiszerű. Ezek az égésgátló kompaundok csaknem gumi-szag mentesek. Az égésgátlás fokozat az UL 94 vizsgálati módszer szerint a V1 fokozatot érte el.

E kompaundból két- ill. háromrétegű lemez is készülhet, amelynél az egyik, illetve a középső réteget a felhasználási követelményeknek megfelelő polimer, vagy polimer kompaund – adott esetben nem égésgátló PE-reciklátum – képviseli.

További variációban habosított lemez is készíthető, amelyben habosító anyagot és a habos szerkezetet rögzítő térhálósító adalékot is alkalmazunk.

Új költségcsökkentő módszert is sikerült kidolgozni olcsó alapanyagokból történő foszfor-uretán alapú égésgátló adalék előállítására. Ezt a hatékony égésgátlót, a munka egy korábbi szakaszában, egy külön technológiai folyamatban kipreparáltuk, őrlöttük, majd ezt követően vittük be a polimer kompaundba. A munka befejező szakaszában az adaléknak in-situ, reaktív kompaundálással történő előállítási technológiáját is kidolgoztuk. Eszerint a kompaundálás első szakaszában, egy belső keverőben, a foszfor-uretán előkondenzátumát állítjuk elő gumiőrlemény jelenlétében, majd – az égésgátló külön kipreparálása nélkül – ehhez adagoljuk a polimer kompaund többi komponensét. Az égésgátló poli-uretán-foszfát képződés és a kompaund komponenseinek homogenizálása a kompaundálás második szakaszában, szimultán történik. Az ily módon készült kompaund önkioltó, V-0 égésgátlási fokozattal jellemezhető, s előállítási költsége kedvező.

A gumiőrlemény a kompaund rugalmas visszaalakuló képességét megnöveli. Ez olyan alkalmazások esetén hasznos, ahol a kompaundból készült terméket, rendeltetésszerű igénybevételekor, rendszeresen deformációs hatás éri, és a deformációs hatás megszűnte után kívánatos a termék eredeti alakjának visszanyerése. Ilyen igény merülhet fel égésgátló, hő- és zajszigetelő, lépésszaj elnyelő szőnyegalátét céljára történő alkalmazáskor.

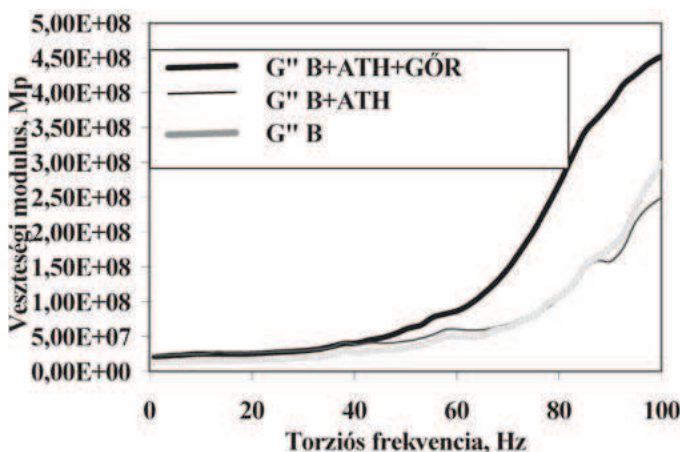
A rugalmas visszaalakuló képesség annál nagyobb, minél nagyobb a kompaund gumiőrlemény tartalma. E célra kétféle mátrixú összetétel-sorozat készült. Az egyik sorozat, a mátrix LDPE és EVA mellett, kölcsönhatást növelő maleált-polietilén adalékot is tartalmazott, míg a másik sorozat nem. Az alkalmazott égésgátló adalék alumínium-trihidrát (ATH) volt. Megállapítható volt, hogy a maleált-polietilén adalékkal készült minták még 15% gumiőrlemény tartalom mellett is égésgátlóknak mutatkoznak (V-2 fokozat UL 94 szerint), míg a maleált adalékot nem tartalmazó sorozatban 10% gumitartalom mellett HB csökkent éghetőségi fokozat érhető el. A gumiőrlemény kedvező hatását a rugalmas visszaalakuló képességre DMA vizsgálatokkal igazoltuk. A kompaundok polimer komponensének újrahasznosított anyag tartalma elérheti a 60%-ot

is. Az ATH égésgátló adalék ára alacsony, és az égésgátló hatásakor nem keletkeznek belőle környezetre káros melléktermékek.

Termékfejlesztés

Az előzőekben vázolt felhasználási területeken túlmenően zaj/vibrációcsökkentő lemezek előállítására történt többféle összetételű, gumiörlemény tartalmú kompaundokból.

A hagyományos barit (BaSO_4) alapú (B) zaj/vibrációcsökkentő polimer kompaundok éghetősége számos felhasználási területen jelent korlátot. Éghetőségük csökkentését a baritnak ATH-val történő részleges helyettesítésével oldottuk meg. A kompaund zajtompító hatásának növelésére további kísérleteket is végeztünk. Tapasztalatok szerint a vibráció elnyelés annál intenzívebb, minél összetettebb a többfázisú rendszer. A B-t és ATH-t tartalmazó rendszereket ezért gumiörlemény (GÖR), ill. nanoszilikát, valamint e kettő együttes bevitelével módosítottuk. Az égési és a rugalmas visszaalakulási hajlamot az adalékok komplex módon befolyásolják. A kompaundok zaj/vibrációcsökkentő hatását DMA vizsgálatok alapján hasonlítottuk össze. A 6. ábra a GÖR hatását mutatja a zaj/vibráció elnyeléssel arányos jellemzőre, a G'' veszteségi modulusra. A csak baritot (B) és a barit mellett alumínium-trihidrátot (ATH) tartalmazó kompaundok G'' veszteségi modulusa gyakorlatilag nem különbözik. Gumiörlemény (GÖR) jelenléte viszont már 50 Hz frekvencia felett jelentősen növeli a veszteségi modulus értékét, azaz a zaj/vibráció elnyelési képességet.



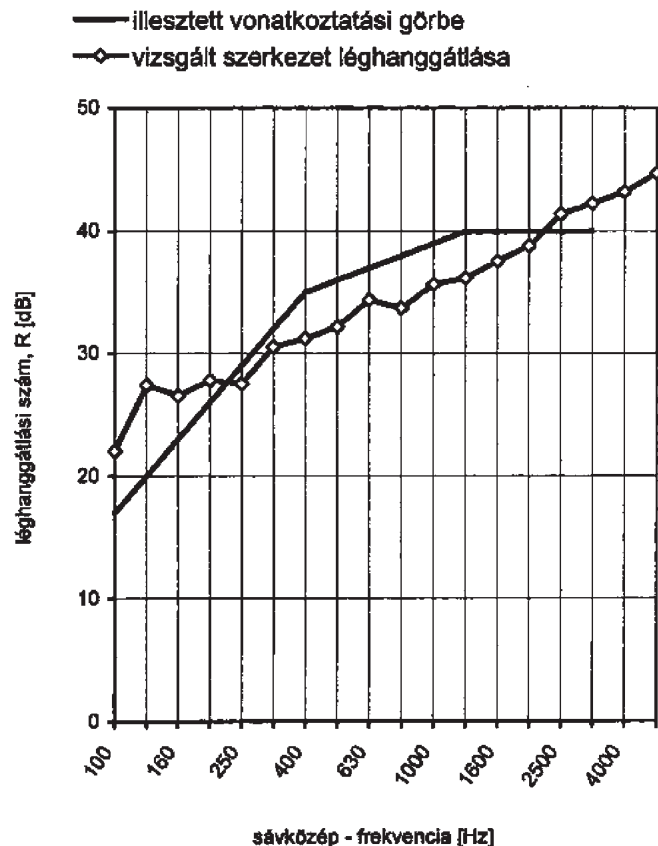
6. ábra. ATH és GÖR hatása barit tartalmú kompaund veszteségi modulusára a torziós frekvencia függvényében

Az optimális tulajdonságok kialakítására készített összetétel-sorozatból égésgátló és visszaalakulási hajlam vonatkozásban legkedvezőbbnek az az összetétel mutatkozott, amely gumiörlemény mellett nano-szilikátot is tartalmazott. A kompozit szabadalmi bejelentés is történt [3].

Kombinálva más zajelnyelő elemekkel – nyílt pórusú hab- vagy filc szerkezetekkel – épületek, szellőzőrendszerek hangszigetelésére kedvezően használható rendszerek alakíthatók ki.

A vizsgálati eredmények alapján az alkalmazott gumiörlemény mennyiségében további módosítások lehetségesek. Zajgátlás, léghang-gátlás szempontjából a kompaund anyagának többfélesége, az egyes anyagok hatása sokféle variációt tesz lehetővé. Az egyes adalékanyagok szerepe más és más, egyesek a hangvisszaverést segítik (mivel a sűrűségük nagy, pl. barit), más anyagok a hangelnyelést (gumis, nyílt- vagy zárt cellás habos komponensek stb.). Összetett rendszereknél a tényleges eredményt a vártnál képest mindig a speciális mérések

adják meg. Az akusztikai vizsgálatok (összehasonlító léghangszigetelési vizsgálatok; MSZ EN ISO 140-3) az ÉMI Akusztikai Laborjában megkezdődtek, amelyek eddigi eredményei a 7. ábrán láthatók.



Értékelés az MSZ EN ISO 717-1:2000 szerint

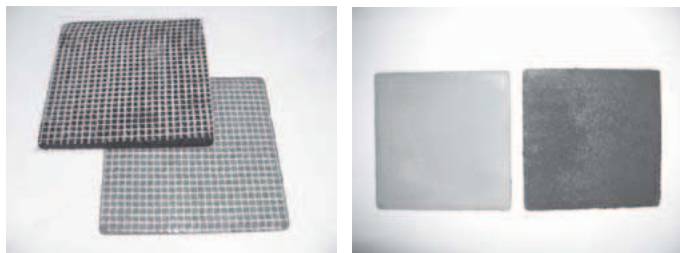
$R_w (C; C_{tr}) = 36 (-1; -3) \text{ dB}$

7. ábra. Akusztikai mérés görbéje

A projekt alapvető célkitűzése, értéknövelt termékek előállítása minél nagyobb újrahasznosított polimer tartalommal. Ezt példázzák az újrahasznosított poliuretán (PUR) mátrix kötőanyaggal készített, nagy gumiörlemény tartalmú égésgátló kompaundok. Az újrahasznosított PUR poliál komponense hulladék PUR glikolízisével készült, aminek gyártástechnológiáját és nagylabor méretű gyártását egy korábbi pályázat keretében a PEMŰ Zrt. és a Debreceni Tudományegyetem dolgozta ki. A PUR izocianát komponense a BorsodChem Rt. által gyártott, alacsony árfekvésű poli-MDI, amelynek megfelelő katalizátorral történő receptúrázását a POLINVENT Kft. végzi. A kompaundok gumiörlemény tartalma az 50%-ot, az összes újrahasznosított polimer tartalom pedig a 65%-ot is elérheti. Az SZKT eddig kétféle terméktípust, égésgátló panelek és égésgátló dekoratív járólapok előállítására alkalmas összetételt dolgozott ki (8. ábra).

Az 50% durva, 1-3 mm átmérőjű, gumiörlemény tartalmú kompozit kötőanyaga újrahasznosított PUR. A mátrixként szolgáló PUR az ammónium-polifoszfát adalékkal együttesen biztosítja a kompozit égésgátlását. Az újrahasznosított PUR-mátrix így kettős funkciót lát el. Nagyobb szilárdsági követelményekhez üvegszövet héjszerkezetű kompozit is készült.

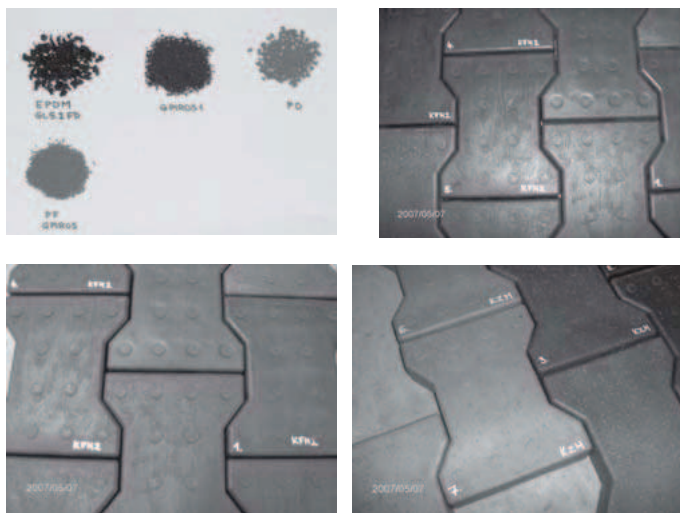
Az égésgátló járólapok fő tömegét a már említett, égésgátló panelek előállítására használt, újrahasznosított PUR-mátrixú, 50% gumiörlemény tartalmú égésgátló kompaund anya-



8. ábra. Gumiőrlemény-tartalmú, égésgátolt, újrahasznosított PUR-mátrixú panelek (a) és dekoratív járólapok (b)

ga adja. A járólap jelleget az biztosítja, hogy az alap panelek, primer PUR-mátrixú, dekoratív pigmenttel színezett, égésgátolt tartalmazó mázbevonatot kapnak. A máz égésgátló komponense ammónium-polifoszfát vagy ATH egyaránt lehet. A lapok rugalmasak, merevek, alkalmasak lépésszaj felvételére. Rugalmasságuk következtében reverzibilis energia abszorber hatásuk van, ezért eséskor ütés hatás tompító funkciót is betöltenek. A gumiőrlemény részecskéinek kontúrja a felületen látszik, ami érdekes hatást, és csúszásmentességet biztosít.

A PEMŰ Zrt. által gyártott gumiőrlemény tartalmú kompaundokból kétféle fröccstermék kísérleti gyártására került sor.



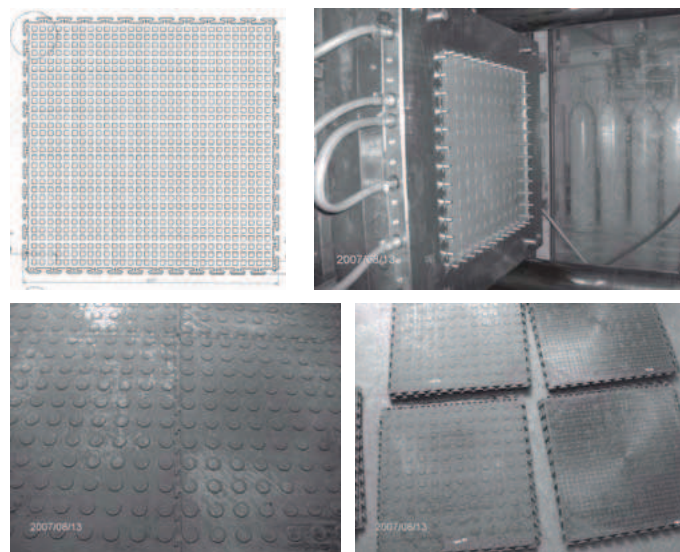
9. ábra. Színező mesterkeverékek és felhasználásukkal készült gumiőrlemény tartalmú, fröccsöntött térburkoló elemek

Az egyik termék kétkomponensű fröccsöntésre tervezett térburkoló elem (rugalmas térburkoló „kő” játszóterek, sportlétesítmények, kertek, udvarok stb. útjainak, járó- és játszófelületeinek burkolására), amelynek külső héja UV-stabilizált kompaundból készül különböző színű és mennyiségű gumiőrlemény felhasználásával, a belső része 50–60 % gumiőrlemény tartalmú kompaund. A receptúrák fejlesztése, a színezés megoldása, a rugalmas jellemzők beállítása még folyik.

A kompaund alapjaként TIPOLEN OF 2019, módosító anyagként IBUCCELL K-100, E 47/55 natúr TR, CPE 3602 N anyagokat használtunk a gumi-jelleg és a folyási jellemzők optimális beállítására. Háromféle gumiőrleményt próbáltunk ki (finom és durva ócsai fekete, durva zöld) 15–30 %-ban, és hulladék TPE felhasználásával is készítettünk mintákat. A szükséges speciális vizsgálatokra, és ezek függvényében a kompaund és technológia végleges kialakítására a közeljövőben kerül sor.

Elkészült egy további, termék – padlólap, járólap fröccsszerszáma is (10. ábra, felső képek). A padlólap egyik anyaga

szintén gumiőrlemény tartalmú kompaund (10. ábra, alsó képek). A „gumiszag” csökkentésére kétféle szagcsökkentő adalékot alkalmaztunk, amelyek hosszabb távú hatását még vizsgálni kell.



10. ábra. Padlólap fröccsszerszám (felső képek) és gumiőrlemény tartalmú kompaundból készült padlólapok (alsó képek)

A feldolgozó gépek fejlesztése

Az újrahasznosított anyagok (polimer regránulátumok, darálékok, gumiőrlemények stb.) gyakran tartalmaznak szennyező, ill. idegen anyagokat (pl. textil- és fémzálak, fém szemcsék, kavicszemcsék). Ezek kiszűrésére készült el 2006-ban a projekt beruházási tervében szereplő **szűrőváltó** PEMŰ Zrt. in-line kompaundáló és lemezgyártó gépsorára. Szintén elkészült ugyanerre a gépre az **ömledékszivattyú** egység is, amelynek fő feladata az egyenletes, időben állandó mennyiségű és nyomású anyag (ömledék) szállítása az alakadó szerzőmba, egyenletes minőségű termék előállítása érdekében.

A következő lépésben az adagolórendszer (fő- és oldaladagoló) és az ömledékszivattyú (Inneltrade Kft.) **vezérlésének összehangolása**, valamint a félüzemi kompaundáló berendezés **műszerezése** (11. a ábra) és **oldaladagolója** (11. b ábra) készült el (Szvógép Kft.).



11. ábra. Félüzemi kompaundáló berendezés műszerezése (a) és oldaladagolója (b)

Alkalmazástechnika (hegesztés, ragasztás)

A gumiőrlemény tartalmú lemezek (FLEXIT) hegeszthetőségét a KÖRTE Zrt. vizsgálta meglévő technikai berendezéseivel saját felhasználási területein. A tekercs formában rendelkezésre álló minták használhatóságának igazolására meg kellett vizsgálni a nagyobb felületek előállításának módozatait, a táblásíthatóságot és az élek-sarkok kiképzésének lehetőségét

is. A hegesztéseket az általuk egyéb munkáik során használt forrólevegős vagy kontakt melegítéssel dolgozó berendezésekkel végezték. A varratok minőségét a saját szakembereik tapasztalatai alapján állapították meg, illetve átadták a BME-nek további vizsgálatokra.

A forrólevegős hegesztést illetően megállapítható volt, hogy műhelykörülmények között végzett kézi hegesztések, a kézi préselés definiálatlan erőhatása következtében, a vékony (2 mm) lemezeknél bizonytalan minőségű hegesztéseket eredményeztek. A 6 mm-es táblák hegesztése azonban már esztétikailag és minőségileg egyaránt elfogadható volt. E táblák méretét (1x1 m) azonban a cég feladataihoz kapcsolódó ipari szintű használathoz növelni kell, amely beruházással, vagy más lemezgyártó bevonásával lehet megoldani.

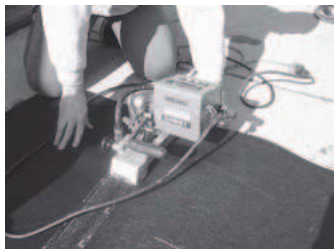
A tekercsek egyesítésére irányuló kísérletek azt mutatták, hogy nagyobb táblák elkészíthetők. A kísérletek során az egyesítés a relatíve magas gumitartalmú sajátanyag megömlesztésével és összepréselésével történt, ezért a hosszanti hegesztések kötőereje ingadozást mutatott.

A hegesztésekre és HDPE lemezekkel történő társításokra vonatkozóan összességében megállapítható, hogy a feladat elvégezhető, nem agresszív közegeket fogadó nagyobb méretű medencék bélelésekor a FLEXIT **nagyobb hajlékonysága előnyös**. Gazdaságos alkalmazáshoz azonban a jelenleginél (1 m) nagyobb tekercsszélességű lemez előállítása (kevesebb többletmunka és anyagvesztés) kívánatos.

A görgőnyomású, fűtőékes eljárással a lemezek jól, egyenletes minőséggel hegeszthetők. Ezt nemcsak a kísérleti hegesztések és azok vizsgálati eredményei igazolják, hanem az elvégzett referenciamunkák is.

A modern többkomponensű ragasztóanyagok, a kétoldalas adhézios ragasztószalagok az ipar sok területén szolgáltattak olyan eredményeket, amelyek lényegesen egyszerűsítették a munkafolyamatokat. A poliolefin alapanyagok és a poliolefin alapú kompaundból készült termékek ragasztása jelenleg még nem kielégítően megoldott, annak ellenére, hogy a legújabb ragasztótípusokat a gyártók már poliolefinekhez is ajánlják.

A KÖRTE Zrt.-nél elvégzett szalagos ragasztási kísérletek (13. ábra), amelyek kétféle kipróbált (piacvezető cégektől vásárolt) ragasztószalaggal történtek, 72 órával a felvitel után azt mutatták, hogy nagy igénybevételű (pl. szilárdság, agresszívabb közeg) alkalmazásoknál a hegesztés a jobb, biztosabb



12. ábra. Tekercsek egyesítése görgőnyomású, fűtőékes hegesztő készülékkel

megoldás az egyesítésre. A használat során fellépő igénybevétel pontos ismerete alapján lehet dönteni az alkalmazni kívánt technológiáról.

Ipari alkalmazhatóság szempontjából, KÖRTE Zrt. a fejlesztési munka során megállapította, hogy a kompozit lemezek gyártása során eddig keletkezett reciklált termék ellenállóképessége, agresszív vegyi hatásokkal szemben kisebb, mint a tiszta alapanyagoké. A FLEXIT gyakorlati használata így olyan ipari szegmensekben várható, ahol az extrém vegyszerállóság nem követelmény.

Gumiőrlemény tartalmú zajszigetelő lemezek hangelnyelési, hangvisszaverési jellemzőinek vizsgálatához 0,8 m² nagyságú acél és alumínium lemezekre kétkomponensű folyékony ragasztóval ragasztott mintákat készítettünk a KÖRTE Zrt.-vel közösen (14. ábra). Ezek vizsgálatára az ÉMI-nél kerül sor.

A ragasztási szilárdság és a ragasztó árak figyelembe vételével többféle ragasztó ajánlható a felhasználóknak. Nagy felületek ragasztására inkább a BC 3000 típusú (REMA TIP-TOP) ragasztó alkalmas, hiszen ebben az esetben a nagy felületen megvalósuló kötés bontásához már igen nagy erők szükségesek. Az SC 2000 típus (REMA TIP-TOP) esetén kisebb fajlagos erőket számoltunk, mint a BC 3000 esetén. Mivel a ragasztás körülményei hasonlóak, az alapanyagárak is hasonlóak, ezért az SC 2000 típus alkalmazását kevésbé javasoljuk.



14. ábra. Gumiőrlemény tartalmú zajszigetelő lemezek ragasztóval kent és ragasztott állapotban

Referencia beépítések

2006-ban PEMŰ Zrt. több mint 300 m² tetőszigetelési referencia területet készítettett (15. ábra) 30% gumiőrleményt tartalmazó gumis lemezből [2].



15. ábra. Tetőszigetelés gumiőrlemény tartalmú lemezek forrólevegős hegesztésével



a)



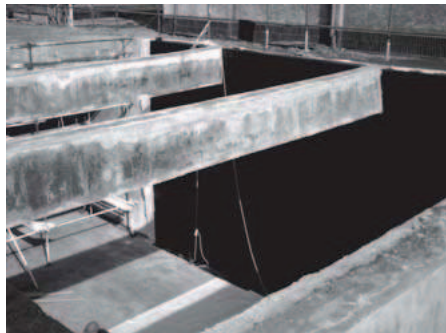
b)



c)

13. ábra. Szalagos ragasztás lépései a), szalag felvittele, rásimítása zsírtalanított lemezre, b) ellenoldali védőfólia eltávolítása, c) zsírtalanított, ráhelyezett lemez összehengerlése ragasztószalaggal

A felül lévő FLEXIT és a HDPE vékonylemez helyszíni közösítése



16. ábra. Hűtő- és csurgalékvíz tároló vasbeton medence bélelése részben gumiőrlemény tartalmú lemezzel. Középső képen a felül lévő FLEXIT- és HDPE-lemez helyszíni közösítése

A KÖRTE Zrt. egy szennyezett hűtő- és csurgalékvíz tároló vasbeton medence egy részének bélelését végezte el **referenciamunkaként**, hogy gyakorlati tapasztalatokat szerezzenek a helyszíni munkavégzésre vonatkozóan is (16. ábra). A felület-előkészítések után a fenéklemez egy részének és a kapcsolódó egyik oldalfalnak a borítása történt a gumiőrleményes lemezzel. A többi felületre 2 mm vastag adalékanyag-mentes HDPE lemez került. A medence mérete 8 x 26 x 4,5 m, fajlagos térfogata 1000 m³. A béleléskor az egyik keskeny falat borították a kísérleti lemezzel, valamint a csatlakozó fenékszínen még egy csíkot tettek le (összesen 34 + 12 m²). A teljes bélelés célja a fokozott vízzárás biztosítása volt, a vízkezelő mű felé folyó szennyezett vizek gyűjtőmedencéjében. A szennyezett vizet a semlegestől eltérő pH-ja és a CH tartalma miatt kell kezelni. A kettős falú medencébe a hegesztett vízzáró lemezes szigetelésen belül, a mechanikai szennyezések elleni védelem céljából egy vashálóval erősített 10 cm vastag, pórusmentesített beton héj készült, amit belül egy speciális poliuretán bázisú bevonattal láttak el.

Köszönetnyilvánítás. Ez a munka a GVOP 3.1.1-2004-05-0531/3.0 számú pályázat támogatásával jött létre.

Szerzők:

Garas Sándor
projekt vezető
PEMŰ Zrt.

Dr. Marosi György
egyetemi tanár
BME Szerves Kémia és Technológia Tanszék

Matkó Szabolcs
PhD hallgató

BME Szerves Kémia és Technológia Tanszék

Dr. Anna Péter
tudományos munkatárs

BME Szerves Kémia és Technológia Tanszék

Dr. Bárány Tamás
egyetemi adjunktus
BME Polimerteknika Tanszék

Mészáros László
PhD hallgató
BME Polimerteknika Tanszék

Zubonyai Ferenc
főmérnök
PEMŰ Zrt.

Bálint Sándor
vezérigazgató h.
KÖRTE Zrt.

Hivatkozások

- [1] Újrahasznosított műanyag hulladék és gumiőrlemény alapú nagy műszaki értékű termékek kifejlesztése. Műanyag- és Gumi Évkönyv 2006
- [2] Újrahasznosított műanyag hulladék és gumiőrlemény alapú nagy műszaki értékű termékek kifejlesztése II. Műanyag- és Gumi Évkönyv 2007
- [3] Eljárás égésgátolt, széles frekvenciatartományú vibráció- és zajcsökkentő elasztomer nano, mikro kompozitok és belőlük készült termékek előállítására. Magyar Szabadalmi Bejelentés, Regisztr. Sz.: 2005. III 19. P05 00317/4.

infoprod@speednet.hu