



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ÉPÍTŐMÉRNÖKI KAR
ÉPÍTŐANYAGOK ÉS MÉRNÖKGEOLÓGIA TANSZÉK

Tudományos Diákköri Dolgozat

A rágógumi probléma megoldási lehetőségei



Készítette: Csanády Dániel

Konzulensek: Dr. Lublós Éva
Dr. Kopecskó Katalin

Budapest, 2014.10.22.

Tartalom

1. BEVEZETÉS	4
1.1 Az ötlet	4
1.2 Problémák	4
1.3 Néhány érdekes tény a rágógumiról	5
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1 A rágógumi története	6
2.2 Összetevők.....	6
3. A RÁGÓGUMI ELTÁVOLÍTÁSÁNAK MÓDJAI	8
3.1 Eltávolítási módszerek.....	8
3.2 A rágó eltávolítása térburkolatokról	8
4. A RÁGÓ ÚJRA HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	9
4.1 Cél és feltevések, lehetséges újra hasznosítási lehetőségek.....	9
4.3 Kísérletek.....	10
4.2.1 Oldhatósági kísérletek.....	10
4.2.2 Oldhatósági kísérletek hőkezeléssel.....	12
4.2.3 Szigetelőanyag.....	14
4.2.4 Víz záróság kísérlet	15
4.2.5 Rágógumi eltávolítása térburkolatról.....	18
4.2.6 Szigetelőanyag szakítószilárdsági vizsgálata.....	20
5. KÉMIAI VIZSGÁLATOK	25
5.1 Termoanalitikai módszer	25
5.1.1 Derivatográfias (TG/DTG/DTA) fázisanalízis	25
5.1.2 Derivatográfias eredmények	25
5.2 IR spektroszkópia.....	27
5.2.1 Spektroszkópia	27
5.2.2 A spektrofotométer elvi felépítése	27
5.2.3 IR spektroszkópia.....	28
5.2.4 Eredmények.....	28
5.2.5 Lehetséges felhasználás	30
5.3. Jövőbeli elvégzendő kísérletek az eredményekből tükrében	31
6. ÖSSZEFOGLALÁS	31
7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	32
8. HIVATKOZÁSOK	33

8.1 Hivatkozások.....	33
8.2 Internetes hivatkozások	33
8.3 Hivatkozott szabványok.....	33

1. BEVEZETÉS

1.1 Az ötlet

Tanulmányaim során sokszor találkoztam azzal az építőiparban is egyre fontosabbá váló szemponttal, hogy minél kevesebb hulladékot termeljünk, és csökkentsük a környezeti terhelést. Ez úgy nyilvánulhat meg, hogy egy építkezés során törekedni kell arra, hogy legkisebb mennyiségű hulladékot termeljünk és az élő környezet megtartsuk. Az esetlegesen bontásra kerülő épületek egyes építőanyagait ahelyett, hogy egyszerűen hulladékként kezeljük az újrahasznosítás elsődleges szemponttá vált (például zúzott téglá vagy zúzott beton használata adalékanyagként).

Ezt a problémát megfordítva, elgondolkoztam, hogy van-e olyan anyag a környezetünkben, amit szemétként kezelünk, de bizonyos módosításokkal alkalmas lehet újrahasznosításra és építőipari felhasználásra. Ekkor figyeltem fel arra, hogy a kiköpött rágógumi minden térburkolaton nagy mennyiségben megjelenik.

1.2 Problémák

Valós problémát jelent az a tény, hogy ha valahol rendszeresen megállnak az emberek (pl. buszmegálló), ott kiköpik a rágójukat. Budapest forgalmasabb tereit szép lassan rágógumiszőnyeg borítja, és ugyan szemetelni szabálysértés, senkit sem büntetnek a rágógumi kiköpése miatt. Takarítani körülményes és költséges, ezért nem is takarítják a rágógumi szennyeződések. Ráadásul elég bosszantó az is, ha a cipőnk talpára ragad, vagy esetleg a kedvenc ruhánkra, amiről utána nem vagy csak nehezen tudunk letisztítani.

Magyarország több nagyvárosában is rossz a helyzet. Például Pécsről olyan hírek érkeztek, hogy a város belefut a rágókba. Vannak olyan területek, ahol négyzetméterenként ötven eldobott rágót is találtak. Európa több városában is hasonló a probléma. Rómában egészen megdöbbentő, évente 160 tonna az éves rágógumi fogyasztás, vagyis napi 300 ezer rágóguminak van esélye arra, hogy a földön végezze kiköpve (internet 1).

Egy japán kutatás szerint a rágógumi „konzerválja” a baktériumokat. Eredetileg azt gondolták, hogy ultraibolya sugárzás miatt a baktériumok elpusztulnak az utcán kiköpött rágógumiban, de a vizsgálatok után azt gyanítják, hogy a rágó blokkolja a sugarakat, így életben maradnak benne a baktériumok. Ezáltal nem csak csúnya az elköpött rágó, hanem fertőzések forrása is lehet (Kumada, 2010).

1.3 Néhány érdekes tény a rágógumiról

Egy darab rágógumi átlagos ára körülbelül 11,3 Forint, a kiköpött rágógumi eltávolítása körülbelül 38,8 Forint darabonként.

Ha nem takarítanak a felületeket, legalább 5 év kellene a természetes lebomláshoz. Ha mindenki abbahagyná a rágógumi burkolatokra való kiköpködését az Egyesült Királyságban ma, akkor is 4 hónapba telne megtisztítani az utcákat folyamatos munkával. Néhány országban, például Szingapúrban a rágógumizás tiltott, kivéve, ha az embernek orvos vagy fogorvos receptet ír róla.

Léteznek már olyan városok, a rágógumi összegyűjtésére, ennek érdekében kis falra szerelhető téglyeket helyeznek ki (1.1 ábra) (internet 2).



1.1 ábra: Rágógumi gyűjtő tégely (internet 2).

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A rágógumi története

A legősibb rágógumi-lelet vélhetőleg 9000 éves, Svédországból származik. Az ókori egyiptomiak is rágóztak, dinnyéből, mirhából, és más fűszerekből gyúrt golyókat rágcsáltak, de természetesen a görögök sem maradhattak ki a rágógumi történelméből. Az európai hódítók a XVI. századi amerikai őslakosokat szintén rágózó népnek ismerték meg. Az első modernkori rágógumi 1850 körül és e hagyományokból táplálkozva indult hódító útjára. Az ősi közép-amerikai és ez első modernkori rágógumik fő alkotója egy trópusi fából származik, (zapota), vagy egyszerűen a rágógumi fa tejnedvéből származó chikle. De nem csak növény kérgéből nyert latexből (koagulált tejnedvből), hanem erjedő gyümölcsnedvből leülepedő anyagból is készítettek már rágógumit. Az 1800-as években az Egyesült Államok keleti részén kockacukros rágógumit adtak el, így ez első kereskedelmi rágógumi ebben az országban volt. De ennek népszerűségét azt 1850-ben az édesített paraffinvasz legyőzte. Ezután a feltaláló, Thomas Adams kísérletezett a chikle alapanyagokkal, próbált maszkokat, játékokat, gumicsizmát készíteni, de kudarcot vallott velük. Majd rájött, hogy a gumit elég sokáig lehet rágni, így ízt próbált hozzáadni, ekkor készült el az első medvecukor, melynek eredeti neve Black Jack volt. Ezzel csak az a probléma, hogy nem tudta megtartani az ízét. Tehát az íz kérdéses volt még 1880-ig, amíg William White kísérletezett az ízekkel, cukrot, kukoricaszirupot és borsmentát adott a chikléhez. Ez a kísérletezés döntötte el napjaink rágógumi gyártását. A modern rágógumi története XIX. századi Amerikában kezdődött. 1892-ben William Wrigley, egy fiatal eladó elhatározta, hogy rágógumi a jövő népszerű dolga lesz. Wrigley-féle rágógumit a második világháborúban a fronton is bevetették: a cég hadi szállító lett, mert a rágógumi nyugtató, koncentráció-képességet növelő hatásúnak mondták (Stefanik, 2012).

A rágógumi alkalmas szájon át hatóanyag bevitelre is. Az ilyen módon bevitt aktív vegyületek kioldódását mindenki egyénileg tudja szabályozni. E mellett tökéletes megoldás gyógyszerek bevitelére azoknak akiknek esetleg nehézséget okoz a tabletták lenyelése (Kvist. et al., 1999).

2.2 Összetevők

A mai rágógumik összetétele: rágógumi-alapanyagok, cukor, glükóz szirup, ízesítőanyagok, gyanták, édesítőszer (2.1 táblázat) (2.1 ábra) (Rømer Rassing, 1993).

2.1 táblázat: A modern rágógumi összetétele

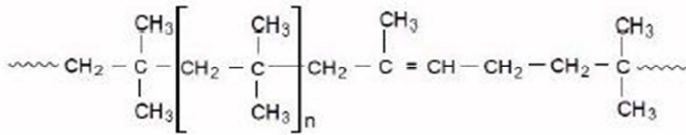
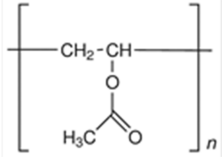
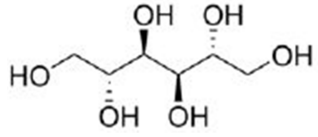
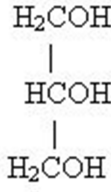
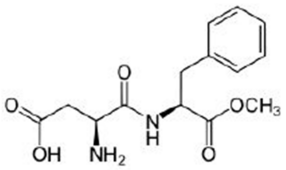
Összetevők	m% (tömegszázalék)
gumialap	29,00
porított szorbit	43,00
szorbit oldat 70%	21,00
glicerin	5,00
borsmenta aroma	1,00
lecitin	0,50
aszpartám	0,33

A ma ismert gumialap fő összetevői:

- Poliizobutilén: mesterséges gumi, egy szinte folyadéknak tűnő, átlátszó anyag, ami gyakorlatilag szilárd (gél állapotú). Többek között kosárlabda és gumibelső gyártására használják. Azért különleges mert ez az egyetlen gumi, mely nem eresztí át a gázt, azaz az egyetlen gumi, ami hosszú ideig képes megtartani a levegőt.
- Polivinil-acetát: egy olyan műanyag, ami hő hatására nyúlós lesz (hőre lágyuló). Ragasztó készítéséhez is használják.

Ezen kívül tartalmaz még viaszt, fenyőgyantát és hintőport.

Ha mindezt melegítés közben, megfelelő sorrendben és mennyiségben összekeverjük, rágógumi alap lesz belőle. Ez szobahőmérsékleten kemény, testhőmérsékleten puha, képlékeny. Ezután már csak néhány dolog kell: aroma az ízhez, rengeteg cukor vagy édesítőszer, emulgálószer, színezék, fényező anyag (internet 3).

Poliizobutilén:		Polivini-acetát
		
Szorbit:	Glicerin:	Aszpartám:
		

2.1 ábra: A különféle rágógumi összetevők molekuláris szerkezete

3. A RÁGÓGUMI ELTÁVOLÍTÁSÁNAK MÓDJAI

A rágó eltávolítása időnként komoly problémát jelent. Számos fizikai eltávolítási módszer ismeretes a különböző anyagokból történő eltávolításra. Az alábbiakban ezeket ismertetném.

3.1 Eltávolítási módszerek

- Ruha:
 - fagyasztóba tenni/ jég-spray majd lekaparni,
 - visszamaradó foltot denaturált szesszel oldani,
 - ruhazsebkendővel letakarva vasalni.
- Szőnyeg:
 - háztartási benzinnel oldani
- Haj:
 - olajjal vajjal kifésülés

Nagyon jól oldják a szénhidrogének (benzin, petróleum, parafinolaj, gázolaj), a növényi olajok és egyéb oldószerek (étolaj, terpentín), de még a folyékony állagú állati zsírok is. Igaz, ez utóbbiak már kissé nehezebben (internet 4).

3.2 A rágó eltávolítása térburkolatokról

1. Rágógumi gőzzel való eltávolítása, majd a visszamaradt folt tisztítása mechanikai úton (3.1 ábra)(internet 5).
2. Abrázív anyaggal pl. őrlött dióhéjjal (a vele érintkező felületeket erősen koptató anyag) való felületkezelés (3.2 ábra) (internet 6).



3.1. ábra: A térkő tisztítás közben (internet 5)



3.2. ábra: A térkő tisztítás közben (internet 5)

4. A RÁGÓ ÚJRA HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

4.1 Cél és feltevések, lehetséges újra hasznosítási lehetőségek

1. Poli-izobutilén kinyerése: Ez az anyag színtelen, szagtalan, nagy viszkozitású, kémiai ellenálló, nagy hőstabilitású anyag. Szakítószilárdsága $-50^{\circ}\text{C} - +180^{\circ}\text{C}$ között közel állandó. Emellett biokompatibilis, így az implantátum készítésben is hasznosítható. Az anyag lehetséges kinyeréséhez két módszert találtunk. Az anyag oldása, melynek során a rágógumit benzinben vagy alkoholban oldjuk, majd kromatográfiás elválasztást végzünk. A másik eljárás során bontjuk a rágógumit UV sugárzással, amely remélhetőleg ott bontja fel a polimer-lánc kötéseit, ahol nekünk kedvező, majd a kapott anyagot (butilén) polimerizáljuk. A polimerizációhoz a Ziegner-Natta szintézist alkalmazzuk. Ezt a módszert eredetileg a propilén polimerizációjához alkalmazták, de feltehetőleg itt is működik, mert a két molekula szerkezete között kicsi az eltérés, propilén egyik hidrogénje helyett a butilénben egy metilcsoport van. Más szóval, a butilén propilénnél egy szénatommal hosszabb láncú, egyszeresen telítetlen szénhidrogén. Poliizobutilént az iparban csapadékvíz elleni szigetelésre szokták használni leggyakrabban tetőn, de különböző megerősítésekkel pl. üvegfátyollal ellenállóvá tehető így olyan helyeken is alkalmazhatjuk, ahol nagyobb igénybevételnek van kitéve.
2. Polivinil-acetát kinyerése: A polivinil-acetát hőre lágyuló polimer, melyet vinil-acetát oldószer nélküli, vagy víz, illetve 2-propanol jelenlétében végzett polimerizációjával nyernek. Az acetát-csoportok túlnyomó többsége a lánc nem szomszédos szénatomjaihoz kapcsolódik. Fehér vagy csaknem fehér por, vagy színtelen szemcsék, illetve gyöngyök formájában használható fel. A rágógumi alapból ezt az anyagot valamilyen alkoholban való oldással lehet kinyerni. Felhasználható lehet diszperziós ragasztók alapanyagaként, amiket elsősorban a faiparban használnak, így szerkezeti fa ragasztásánál is (internet 7).
3. Rágógumi kombinálása valamilyen szálal anyaggal: Ezzel tulajdonképpen egy kompozit anyagot hozunk létre, amit víz szigetelésére vagy gázzárásra (a poliizobutilén tartalom miatt) alkalmas.

Jelen kutatás során a következő tervezett vizsgálatokat végezzük el:

1. Rágógumi összetevőinek megismerése, pontosabb arányok megismerése nélkül. Hasznos összetevő kiválasztása.
2. Lehetséges módszerek a használható anyagok elválasztására.

3. Feltételezett elválasztási módszerek kipróbálása. Annak mérlegelése, hogy költséghatékony-e a módszer.
4. Az elválasztás során kapott anyagok mechanikai, időállósági vizsgálata.
5. Annak megállapítása, hogy az elválasztott poli-izobutilén/polivinil-acetát alkalmas lehet-e építőipari felhasználásra.

4.3 Kísérletek

4.2.1 Oldhatósági kísérletek

A különböző általános eltávolítási módszereknél (3. fejezet) említett oldószerek hatását vizsgáltam, hogy tudjam, melyik oldja legnagyobb mértékben és leggyorsabban a rágógumit. Három olyan szert használtam, amihez viszonylag könnyen hozzá lehet jutni és olcsó is, ez fontos szempont lehet, ha nagy mennyiségben kell alkalmazni. A három oldószer a sebbenzin, denaturált szesz, acetón. A rágógumit három napig tároltam az oldószerekben, végig szobahőmérsékleten tartva.



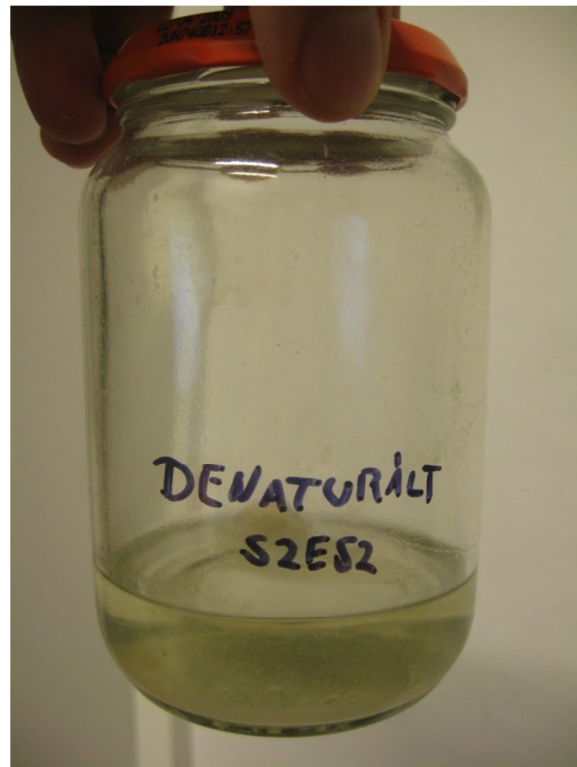
4.1 ábra: Acetonban oldott rágó három nap után (saját felvétel)

Tapasztalatok (makroszkopikus megfigyelések):

- acetonban történő tárolás: észrevehető változás nem következett be a rágó állapotában. A kísérlet szerint az aceton alkalmatlan a rágógumi oldására (4.1 ábra).
- sebbenzinben történő tárolás (4.2. ábra): a rágógumit körülbelül 5 perc alatt teljesen feloldotta, ekkor egy teljesen átlátszatlan folyadék keletkezett. Három nap után elkülönült az oldószer az oldott anyagtól, az oldott rágógumi úgy állt össze az üveg alján, mintha sok kis elemi szemcséből állna. Az oldószer elpárolgása után az anyag kevésbé lágult hőre és kevésbé volt ragadós.
- denaturált szeszben történő tárolás (4.3. ábra): Az első nap után semmilyen változás nem volt észrevehető. A második nap elteltével az oldószer kevésbé volt átlátszó. A 3. napon kis zselészerű „cseppek” jelentek meg az oldószerben. Az oldószerből kivéve a rágót azt tapasztaltam, hogy felülete megrepedezett, kevésbé volt összenyomható, csökkent a szakadó nyúlás azonos hőmérsékleten, a szakadási felület szálas lett, azonos hőmérséklet változásra jóval kevésbé lágult.



4.2 ábra: Sebbenzinben oldott rágó három nap után (saját felvétel)



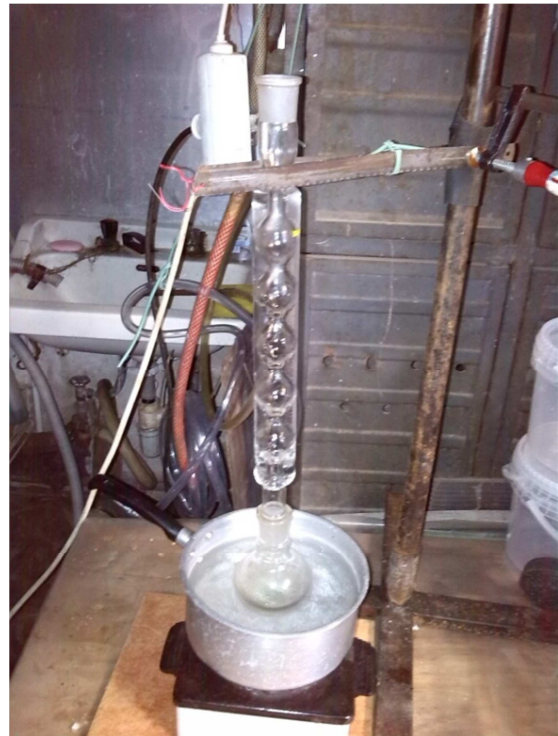
4.3 ábra: Denaturált szeszben oldott rágó három nap után (saját felvétel)

4.2.2 Oldhatósági kísérletek hőkezeléssel

A sebbenzin és a denaturált szesz eredményeit látva, elvégeztem kísérleteket hőkezeléssel kombinálva. Itt az oldószert és a rágógumit gömblombikba tettem, amire egy kondenzátor (golyós hűtő) csövet helyeztem, hogy az oldószer ne tudjon elpárologni és visszanyerjem. A gömblombikot forró vízfürdőbe merítettem, majd 45 percig forraltam (4.4 és 4.5 ábra). A kísérletek eredménye az lett, hogy ugyanannyi sebbenzinben jóval több rágót tudtam feloldani, ami növelte az oldószer hatékonyságát (4.6 ábra). A denaturált szesz esetében a rágógumi kettő komponensre vált szét az előbb említett zselészerű anyagra és egy darabos száraz, viszonylag kemény részre. Azonos mennyiségű rágógumiból sokkal több zselészerű anyag vált ki.



4. 4 ábra: Összeállított kísérlet (saját felvétel)

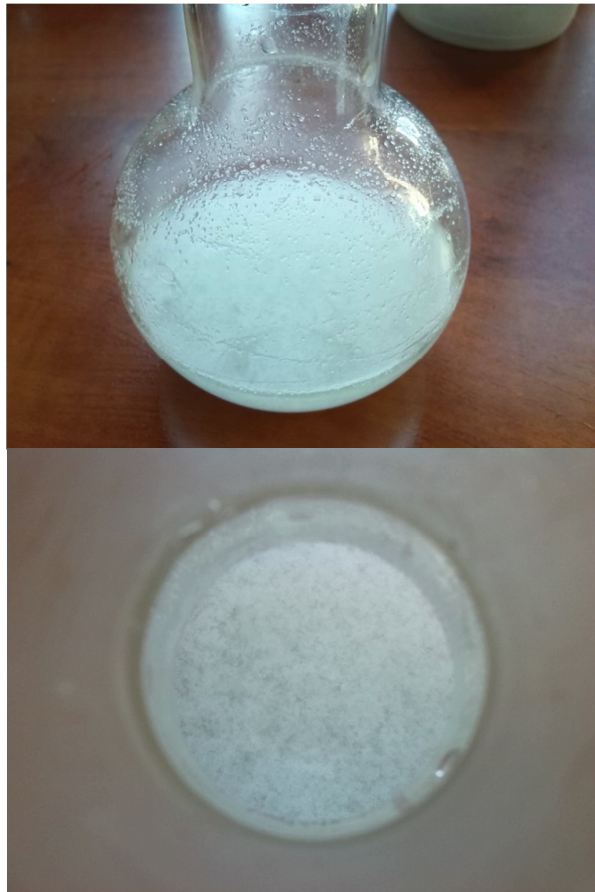


4. 5 ábra: A denaturált szesz forralás közben (saját felvétel)



4. 6 ábra: A sebbenzin forralás közben (saját felvétel)

Valószínűsíthető, hogy a kivált anyag polivinil-acetát, többek között azért, mert a rágógumiban nagy mennyiségben ez az anyag van jelen, másrészt azért, mert az oldat szaga ragasztó-szerű lett. A polivinil-acetát többféle ragasztó (főleg faiparban használatos) egyik alapanyaga (4.7 és 4.8 ábrák.). Ennek megállapítására a későbbiekben vizsgálatokat végzek.



4. 7 ábra: A denaturált szeszből kivált anyag (saját felvétel)



4. 8 ábra: Visszamaradt anyag a denaturált szeszből (saját felvétel)

4.2.3 Szigetelőanyag



4.9 ábra: A szigetelő anyag első tesztje (saját felvétel)

A sebbenzinben oldott rágóguminak egy lehetséges alkalmazási módját próbáltam ki. Az ötlet onnan származik, hogy a sebbenzin teljesen feloldja a rágót, így azt oldott állapotban el lehet teríteni a felületen, ezenfelül a végállapotban kevésbé lesz ragadós és valamivel keményebbé is válik. Ezáltal könnyebb vele dolgozni és ellenállóbb is. A szigetelésként való alkalmazás kézenfekvő volt (ráadásul ehhez nem feltétlenül szükséges egymástól elválasztani az összes alkotóelemet). A rágóguminak önmagában csekély lenne a szakítószilárdsága, ráadásul nagy mennyiségben lenne szükség a felületek kezeléséhez a rágógumira. Ezt a problémát úgy

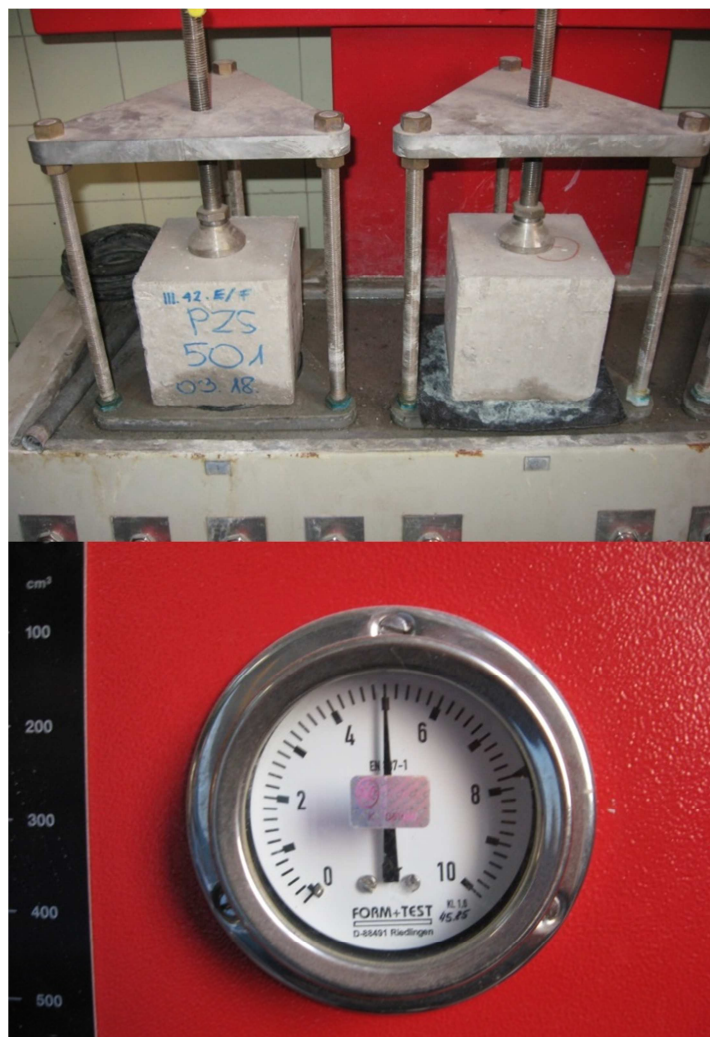


4.10 ábra: 20x20 cm-es vízszigetelés próbadarab (saját felvétel)

próbáltam áthidalni, hogy az oldatot geotextilre öntöttem, majd elpárologtattam az oldószert. A visszamaradt rágógumi jól eltömítette a geotextil réseit és ellenállóbbá tette az anyagot a szálak egymáshoz tapasztásával. Így egy viszonylag jól szigetelő anyagot kaptam, aminek látszólag a teherbírása is megnőtt. Ezt először egy kis darab geotextilen (4.9 ábra) teszteltem, majd miután megbizonyosodtam róla, hogy a felületen áramló víz nem hatol át az anyagon készítettem egy 20x20 cm-es próbadarabot is (4.10 ábra), amelyen vízzáróság vizsgálatot végeztem.

4.2.4 Vízzáróság kísérlet

A vizsgálatot az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló laboratóriumában, az MSZ 4798-1:2004 szabványnak megfelelően végeztem e, két azonos korú, de legalább 28 napos korú, végig víz alatt tárolt beton próbatesten, 75 mm átmérőjű körfelületen 72 +/- órán át ható 5 bar



4.11 ábra: Vízzáróság vizsgálat (saját felvétel)

(0,5 +/- 0,05 MPa) állandó víznyomáson (4.11 ábra). Kettő, azonos keverésből származó próbatestet választottam a vizsgálathoz, az egyiket a szigetelő anyaggal együtt tettem a gépbe, a másikat nélküle. Ez a beton próbatest referenciaként szolgált, hogy össze tudjam hasonlítani a behatolási mélységeket (MSZ 4798-1:2004).

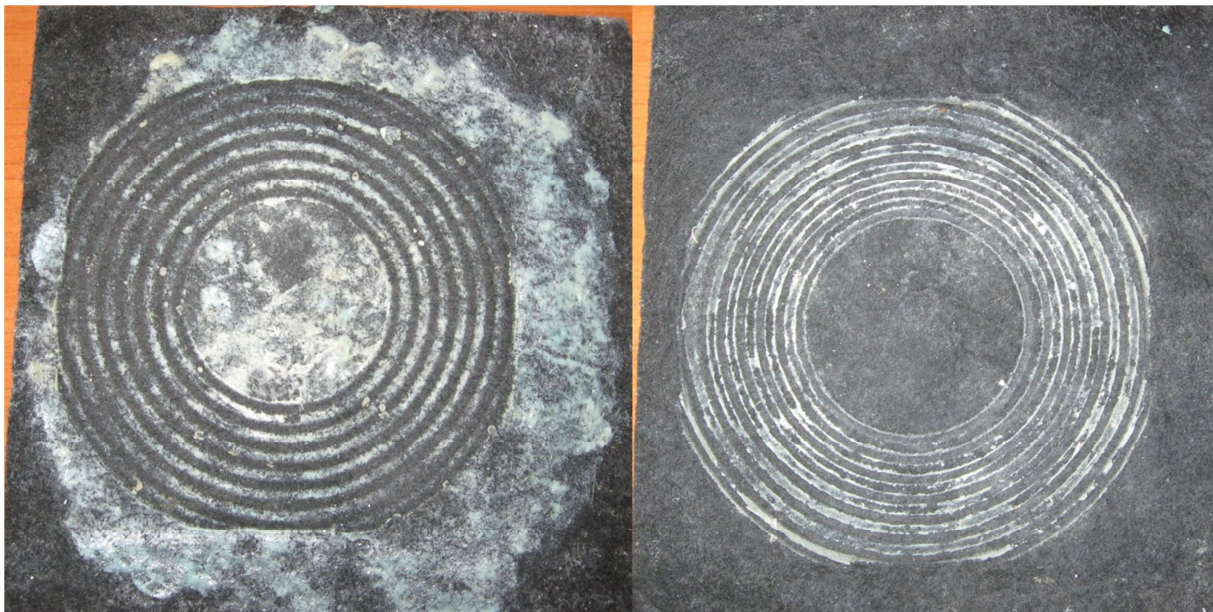
A kísérlet közben is látható volt, hogy a szigetelt (4.11 ábra: jobb oldali kocka) próbatest eredményei valószínűleg jobbak lesznek, mint a szigetelés nélkülié (4.11 ábra: bal oldali kocka) próbatestnek, a képen is látható, hogy kisebb az átnedvesedett magasság az oldalfelületeken. A vizsgálati idő leteltével a próbatesteket kivettük a gépből majd elhasítottuk őket, hogy megmérhessük a behatolási mélységet. Az eredmények a következők lettek. A referencia kockán (4.12 ábra) a vízbehatolás mélysége 46,4 mm. A szigetelt kocka (4.13 ábra) vízbehatolása érdekes képet mutatott, a széleken 26,9 mm, középen pedig csak 14,8 mm. Ez abból az okból alakulhatott így, hogy a szigetelőanyag a széleken sérült, az erős szorítás és a fogadó gumielem alakja (felületén 90°-os iránytörések) miatt a felhordott rágó átnyomódott a geotextilen (4.14 ábra). A kísérlet tanulsága az, hogy védeni kell a szigetelőanyagot a nagy lokális erőhatásoktól, illetve a rágógumi alkalmazásával előállított szigetelőanyag tulajdonságai még javíthatók. Esetleges megoldások lehetnek: újabb geotextil réteg terítése a szigetelőre, vagy szigetelést védő fallal együtt alkalmazni. Harmadik megoldás lehet a rágógumi „keményítése” denaturált szesszel, így az anyag valószínűleg ellenállóbb lesz a nagy lokális erőhatásokkal szemben, viszont alakváltozó képessége csökken.



4.12 ábra: Vízbehatolási mélység a szigetetlen kockán (saját felvétel)



4.13 ábra: Vízbehatolási mélység a szigetelt kockán (saját felvétel)



4.14 ábra: Rongálódott szigetelő anyag (saját felvétel)

4.2.5 Rágógumi eltávolítása térburkolatról

Kísérlet oka: a napjainkban használatos eltávolítási módszerek költségesek és drágák ezért szükség van egy hatékonyabb eltávolítási módszerre. A rágógumi oldásánál a sebbenzin jól működött, így ez a megoldás itt is használható lehet.

A kísérlet: két darab térkő elemre egy sima felületűre (4.15 ábra) és egy durvább felületre (4.16 ábra) tapasztottam néhány helyen rágógumit, majd ezután beletapostam mindkettő elembe. Ezután a térkő elemek szárító szekrénybe kerültek, ahol 105 °C-os hőmérsékleten három napon át tároltam őket. A rágógumi amellet, hogy bele volt dörzsölve (taposva) az anyagba, még megfelelően rá is égett, így még nehezebbé vált az eltávolítás.



4.15 ábra: Sima felületű térburkolat és a ráégett rágógumi (saját felvétel)

Az eltávolításhoz sebbenzint és egy kaparó eszközt használtam. A sima felületű térburkolaton (4.15 ábra) a legfelső, a durva felületű térburkolaton (4.16 ábra) a jobbra eső rágógumi felületét és közvetlen környezetét bekentem sebbenzinnel, majd vártam körülbelül egy percet. Ezután a kaparó szerszámmal megpróbáltam eltávolítani a kezelt és kezeletlen rágógumikat, a kezelt rágógumik kis erő hatására leváltak a felületről és visszamaradó hézagokban ragadt rész sem volt jelentős, kevés nyomot hagytak. Ezzel szemben a kezeletlen rágógumi a sima felületű térkőről nem jött le, a durva felületűnél jelentős nyomot hagyott (4.17 és 4.18 ábra).



4.16 ábra: Durva felületű térburkolat és a ráégett rágógumi (saját felvétel)

Mivel a rágógumi darabok majdnem teljes mértékben és gyakorlatilag egyben (szemben a jelenleg használatos eltávolítási módszerekkel ahol nagymértékben roncsolódik a rágó) leváltak a térkőről, ezért könnyen összegyűjthetők és újrahasznosíthatók. A benzin termékek közül a legdrágább literenkénti ára körülbelül 2000 Ft, és a vizsgálatok alapján egy darab rágógumi felszedéséhez csupán néhány cseppre van szükség. Az eltávolításhoz néhány munkásra van szükség, akik felviszik az oldószert, majd valamilyen kaparóeszköz segítségével eltávolítják a rágót a felületről, így ez a módszer elég költséghatékony lehet.



4.17 ábra: Durva felületű térburkolatról eltávolított rágó (saját felvétel)

Járható út lehet még egy a háztartási módszereknél említett technika. Ez a fagyasztásos módszer, mivel a rágógumi a hőmérséklet csökkenésével elveszti rugalmasságát és merevvé válik, így egyben lepattintható a felületekről. A módszer helyszíni kivitelezése tisztázatlan, további kísérleteket igényelne.



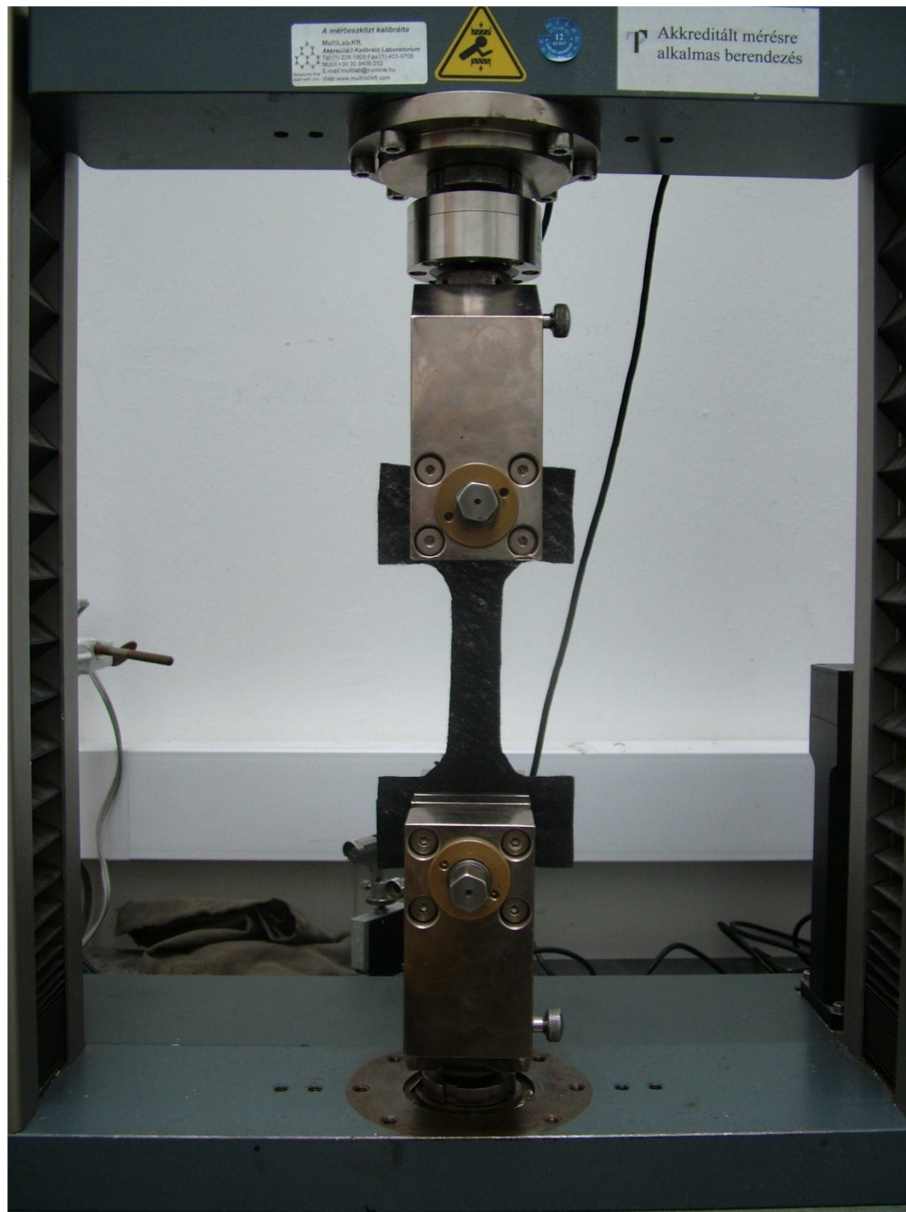
4.18 ábra: Durva felületű térburkolatról eltávolított rágó gumi (saját felvétel)

4.2.6 Szigetelőanyag szakítószilárdsági vizsgálata

Kísérlet oka: a 4.2.3 részben említett látszólagos szilárdságnövekedés miatt került sor a vizsgálatra. A látszólagos szilárdság növekedést először úgy tapasztaltam, hogy egyszerűen megpróbáltam a kettő azonos keresztmetszetű geotextil darabot izomerővel elszakítani. A rágógumival kevert kompozit elszakításához megítélésem szerint jóval nagyobb erőhatás kellett.

A kísérlet: a szakító vizsgálathoz hat darab (azonos geometriájú) piskóta alakú próbatestet készítettem. Ebből három darab tisztán geotextil anyagú (4.19 ábra) és három rágógumival bevont geotextil (4.20 ábra) volt. A rágógumi anyag szálai közé juttatását más módon végeztem, mint a szigetelő anyag készítésénél (4.2.3. fejezet), megfelelő eszköz hiányában. Itt először felvittem a rágógumit a próbatestekre, majd egyenletesen eloszlattam a felületen, és végül oldószerbe (sebbenzin) áztattam. Miután megfelelően lágy lett, a rágógumi réteget beledolgoztam (beledörzsöltem) az anyag szálai közé. Próbatest geometriai adatai (szélesség,

magasság) azonos vastagság mellett: befogásnál: 101,6 mm x 50,0 mm, piskóta száránál: 25,0 mm x 203,2 mm.

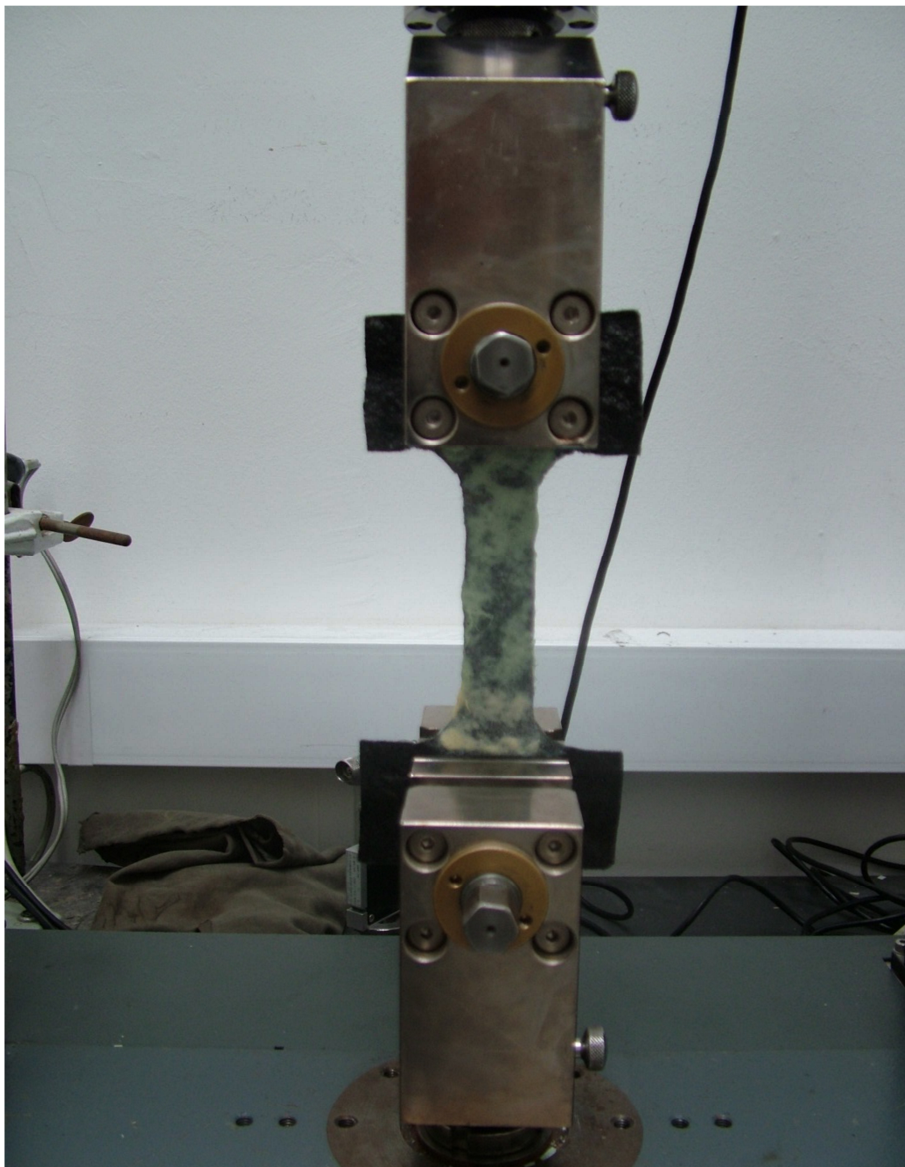


4.19 ábra: Tisztán geotextil anyagú próbatétel befogva a szakítógépbe (saját felvétel)

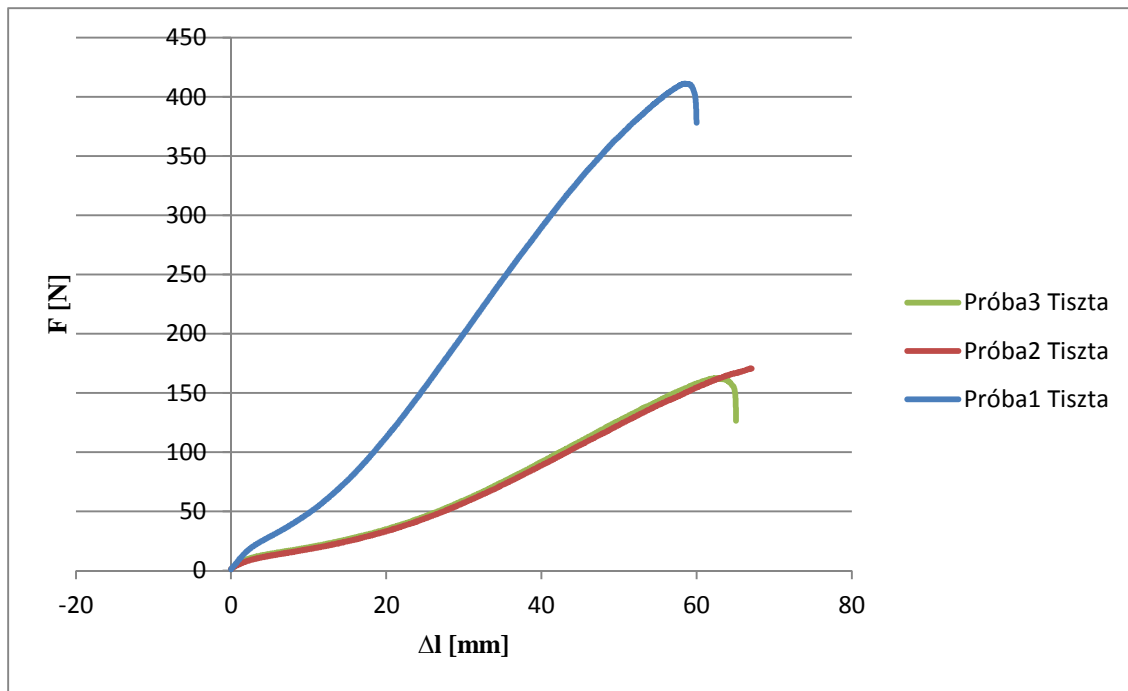
A szakítóvizsgálatot a Polimertechnika Tanszék laboratóriumában végeztem, egy 5 kN maximális terhet kifejtő Zwick/Roell gépen. A befogáshoz egy speciálisan textil anyagokhoz használható hullámos felületkialakítású pofát használtam, az állandó befogási hossz 205 mm volt. Az elmozdulás vezérelt kísérlet terhelési sebessége 5 mm/perc volt.

Először a három tisztán geotextil próbatételt szakítottam el, és minden szakítás közben dokumentáltam a kezdő, egy közbenső és végső elszakadt állapotokat. Ezek közül kettő erő-

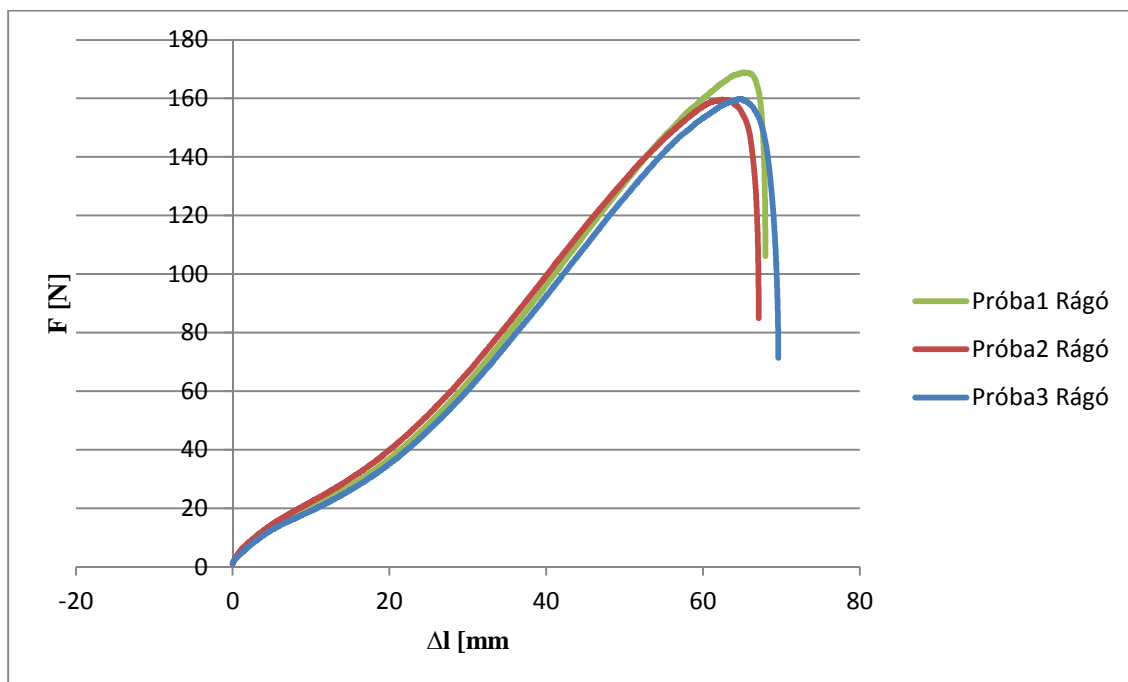
elmozdulás görbéje rendkívül közel esett egymáshoz, azonban a harmadik nagyon eltért (4.21 ábra). Körülbelül kétszer akkor erőt tudott felvenni ugyanakkora elmozdulások mellett, mint a másik kettő. Jól megfigyelhető volt vizsgálat közben az irányítatlan, teljesen véletlenszerűen elrendeződött szálak rendeződése az erő irányában. Ennek a szakasznak a növekedésére alapoztam a kísérletet, úgy gondoltam, hogy a szálak közé juttatott rágógumi egymáshoz tapasztja az egyes szálakat, és mivel nagyszámú egyedüli szálról van szó, ez az erőhatás jelentős lehet. Miután lezajlott ez a folyamat utána kezdődött a szálak megnyúlása, végül bekövetkezett a szakadás. Ez után elszakítottam a rágógumival bevont próbatesteket. A feltételezéssel ellentétben nem nőtt a próbatestek szakító szilárdsága, csak bennük lévő tartalék növekedett minimális mértékben, tehát a görbe csúcspontja után lefelé ívelő szakasz hossza nőtt meg egységesen mind a három rágógumival bevont próbatestnél (4.22 ábra).



4.20 ábra: Rágógumival bevont geotextil anyagú próbatest befogva a szakítógépbe (saját felvétel)

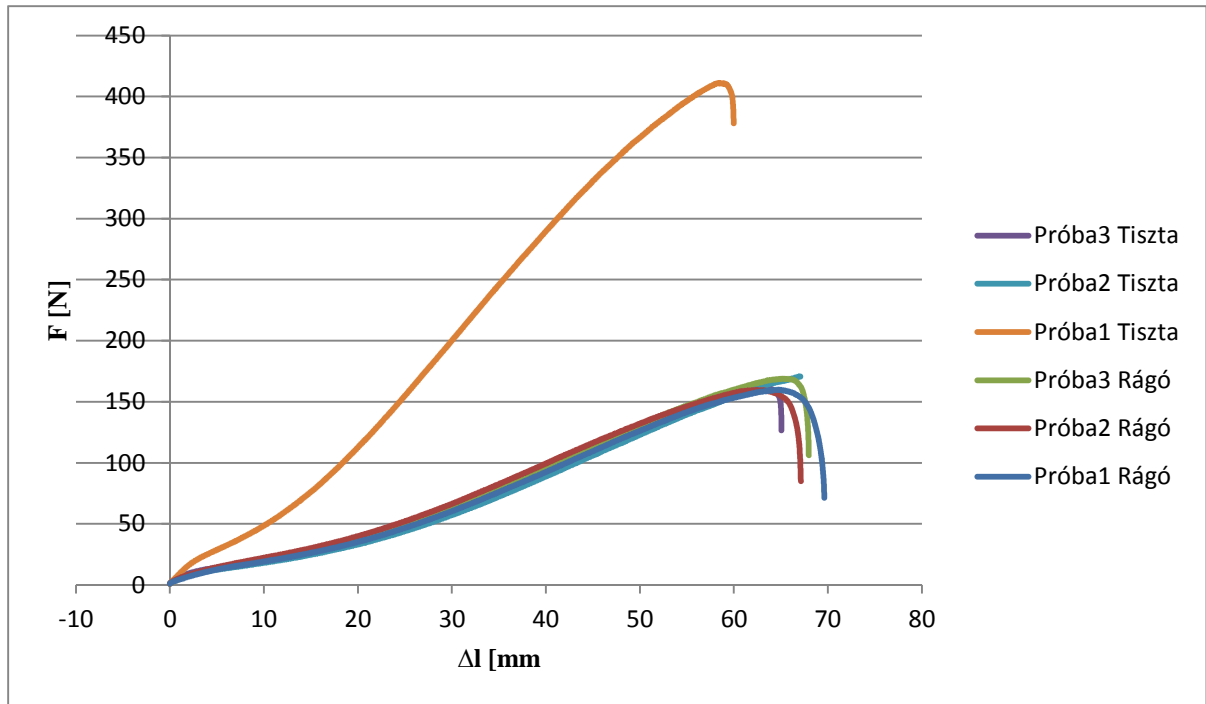


4.21 ábra: Tisztán geotextil anyagú próbatest erő-elmozdulás diagramja



4.22 ábra: Rágógumival bevont geotextil anyagú próbatest erő-elmozdulás diagramja

A összesített diagramon amin a tiszta és a rágógumival bevont próbatestek görbéi is szerepelnek. A próbatestek szakítószilárdsága közel esik egymáshoz (kivéve az első próbatestét), de a rágógumival bevont próbatestek csúcspont utáni lefelé ívelő szakaszának hossza megnőtt a tiszta anyag próbatestekéhez képest. Tehát a bevont próbatestekben nagyobb a teherbírési tartalék (4.23 ábra).



4.23 ábra: A próbatestek erő-elmozdulás diagramja

5.KÉMIAI VIZSGÁLATOK

5.1 Termoanalitikai módszer

5.1.1 Derivatográfias (TG/DTG/DTA) fázisanalízis

A derivatográfias vizsgálatokkal a rágógumi minták termikus viselkedését tanulmányoztam. Derivatográfias módszerrel a minta azon fázisai mutathatók ki, amelyek termikusan aktívak az 1000°C-ig történő felfűtés során. A derivatográfias fázisanalízis egy szimultán, termoanalitikai módszer, mellyel a kemence felfűtési hőmérséklete (T) mellett egyidejűleg jutunk TG (termogravimetriás), DTA (differenciál termoanalízis) és DTG (derivatív termogravimetriás) jelhez.

A mérésekhez a Derivatograph Q-1500 D készüléket használtuk a következő paraméterekkel:

- referencia anyag: alumínium-oxid (Al_2O_3),
- felfűtési sebesség: 10°C/perc,
- hőmérséklet tartomány: 20-1000°C,
- tégely: korund (Al_2O_3),
- levegő atmoszférában.

A mérési eredmények kiértékeléséhez a WINDER (Version 4.4) szoftvert használtuk fel.

5.1.2 Derivatográfias eredmények

A termoanalitikai módszer vizsgálati eredménye a derivatogram, amelyen jelöltük a hőreakciókhoz tartozó jellemző hőmérsékleti értékeket.

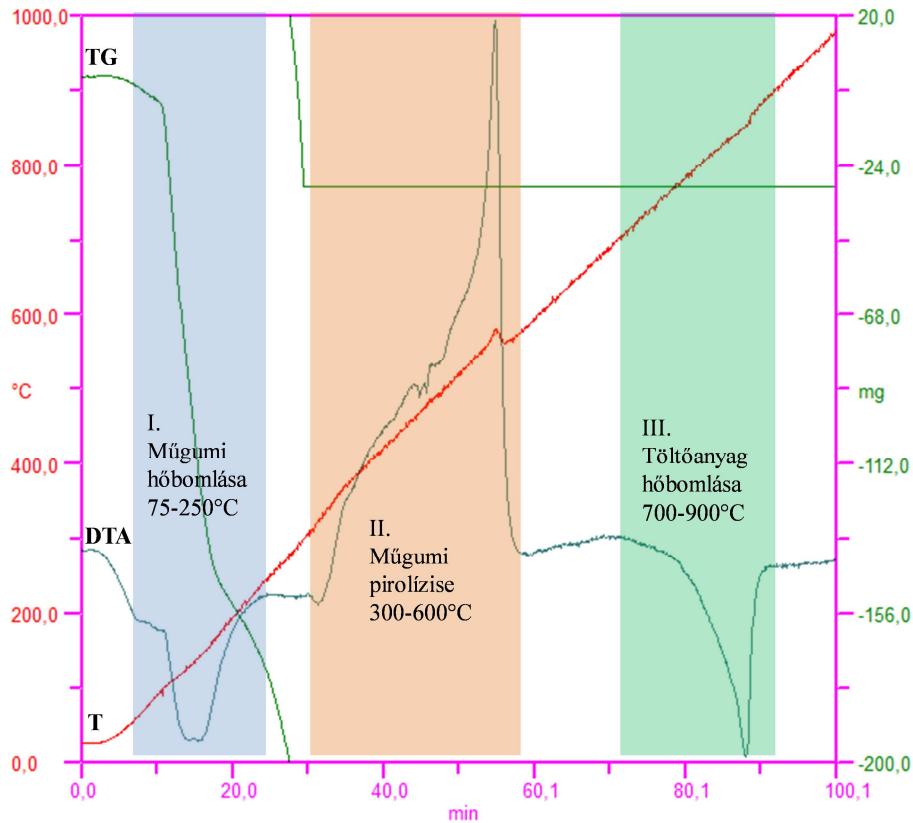
A rágógumi termoanalitikai vizsgálata három jellegzetes hőreakciót jelez (4.1 ábra):

- I. Műgumi hőbomlása 75-250°C (endoterm),
- II. Műgumi pirolízise 300-600°C (exoterm),
- III. Töltőanyag hőbomlása 700-900°C (endoterm).

Az I. szakasz arra enged következtetni, hogy a rágógumi hőbomlása már alacsony hőmérsékleten (75°C) elkezdődik.

A II. szakaszban magasabb hőmérsékleten a rágógumi elég (kiég a mintából).

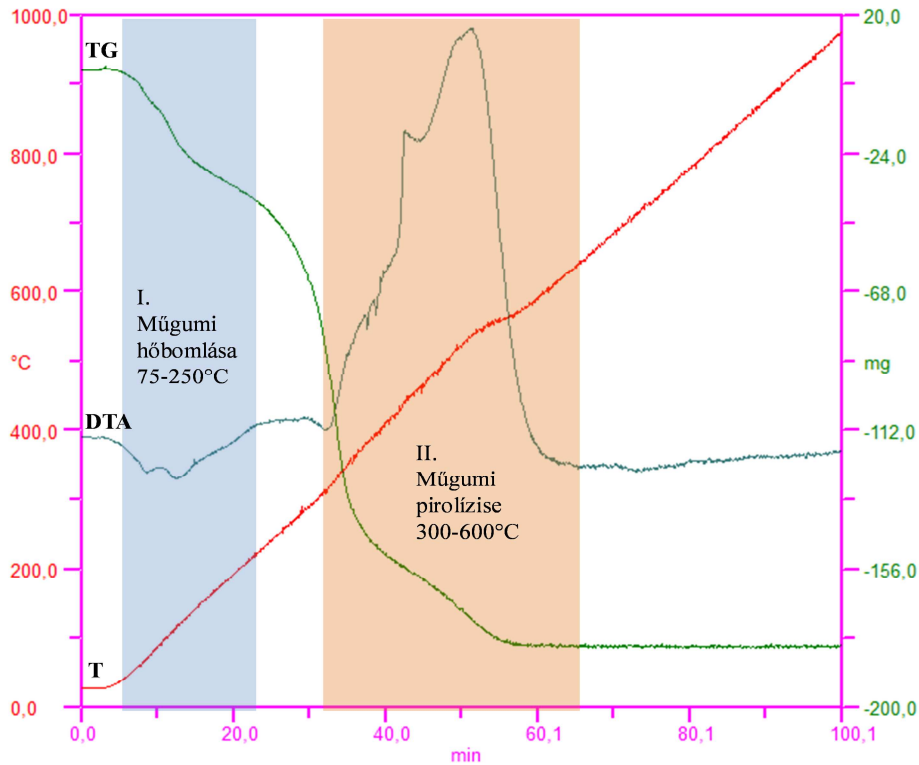
A III. szakaszban a töltőanyag (jelen esetben CaCO_3) hőbomlása megy végbe.



5.1 ábra: Rágógumi derivatogramja (D: 13125)

A rágógumi komponenseit denaturált szeszen való forralás módszerrel elválasztottam, az oldott-bepárolt maradékról készült derivatogram az 5.2 ábrán látható.

A rágógumi oldott-bepárolt komponensének termoanalitikai eredménye azt mutatja, hogy a szerves töltőanyag hőbomlásához tartozó endoterm DTA csúcs nincs jelen, tehát a szerves (polimer műgumi) és a szerves rész (töltőanyag) szétválasztása sikeres volt, és teljes mértékben megtörtént. A vizsgálat során az oldott-bepárolt műgumi komponens minta teljes bemért tömege hőbomlást és pirolízist szenvedett, tehát 600°C felett –gyakorlatilag hamumentesen– illékony komponensekké alakult át.



5.2 ábra: Rágógumi oldott-bepárolt komponensének derivatogramja (D: 13304)

5.2 IR spektroszkópia

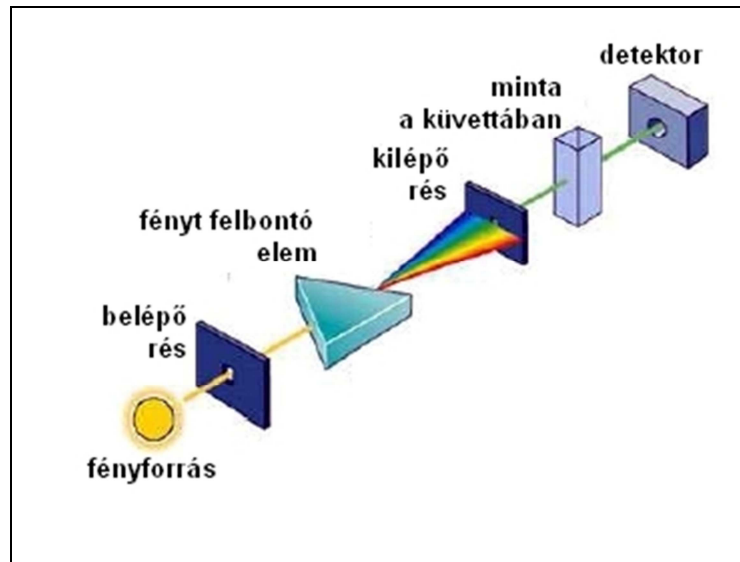
5.2.1 Spektroszkópia

A vizsgálattal az anyag összetételére vonatkozó, irodalomból származó ismereteimet szerettem volna alátámasztani.

Valamely anyag által kibocsátott, visszavert vagy az anyagon áthaladó fénysugár (illetve ultraibolya vagy infravörös sugárzás) különböző hullámhosszágú összetevői erősségeinek (intenzitásának) mérése.

5.2.2 A spektrofotométer elvi felépítése

Az egyes elemek gőzei, illetve a gázok és a híg oldatok az áteső fényből bizonyos hullámhosszakat elnyelnek, illetve forró állapotban ugyanezeket bocsátják ki. A színekpek előállításával és vizsgálatával foglalkozó tudományágat nevezik spektroszkópiának, színekpelemzésnek vagy spektrofotometriának (5.3 ábra) (internet 7).



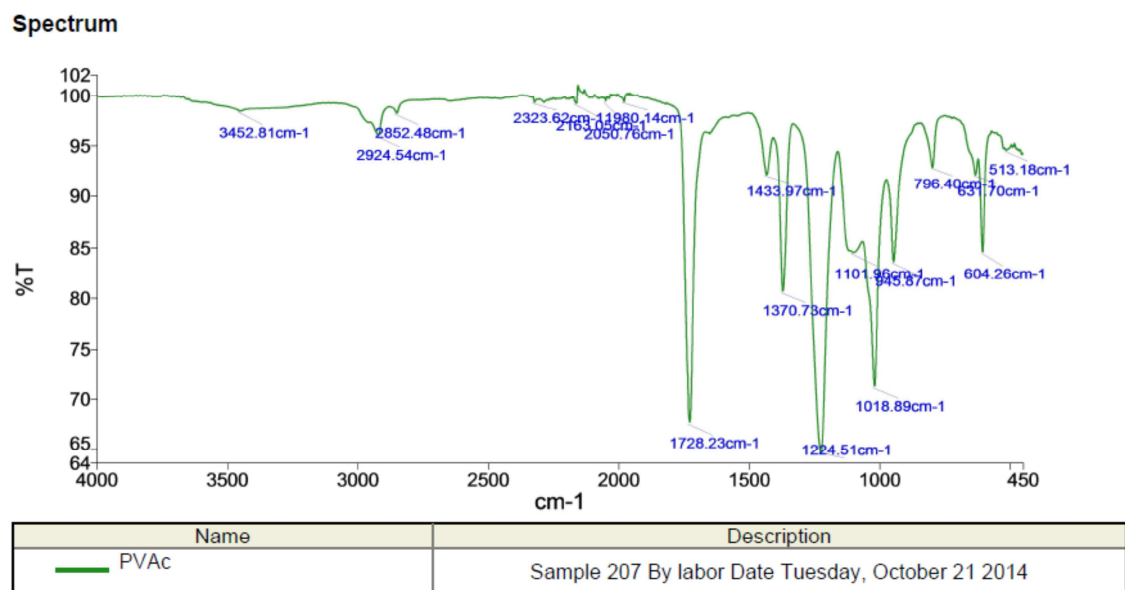
5.3 ábra A spektrofotométer elvi felépítése (internet 7)

5.2.3 IR spektroszkópia

A molekulákat felépítő atomok a molekulán belül egymáshoz képest rugalmas módon elmozdulhatnak. Ezek a mozgások kvantáltak, tehát határozott energiaadagokban történhet csak meg a változásuk. Ezek a kvantumenergiák a különböző infravörös sugárzás fotonjainak energiájával egyenlőek. A periodikus mozgások frekvenciája és energiája a részecskéket összekötő erőtől, kémiai kötés típusától és a mozgásban résztvevő részecske tömegétől, vagyis az atomtömegétől függ. ennek alapján az adott atomok között létrejövő kötéstípusokhoz néhány jellemző energia tartozik, melyeket infravörös technikával megmérhetünk (Stefanik, 2012).

5.2.4 Eredmények

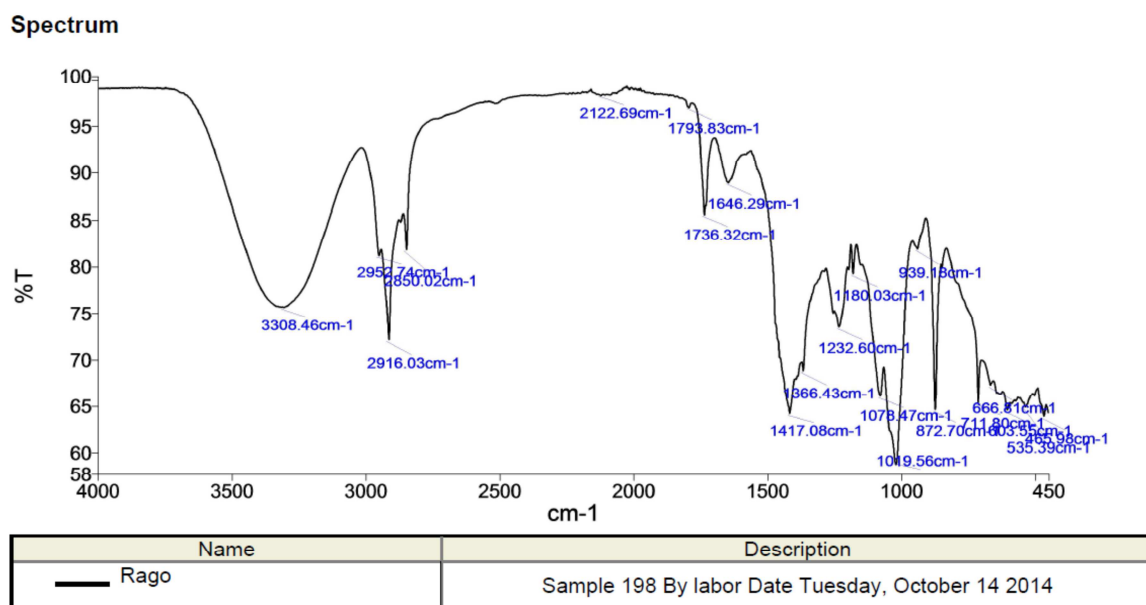
A vizsgálat célja az volt, hogy a rágógumi extraktum PVAc (polivinil-acetát) tartalmát azonosítsuk. Ehhez először felvettük a tiszta PVAc minta IR spektrumát (5.3 ábra).



5.3 ábra PVAc IR spektruma

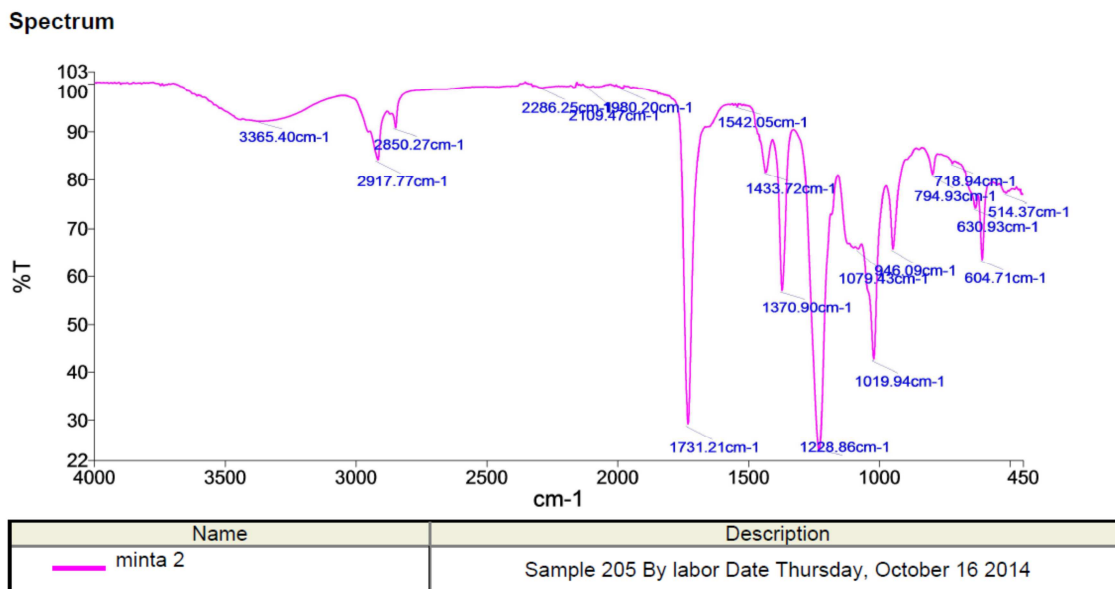
A PVAc spektrumában 1728 cm^{-1} található jellemző csúcs az úgynevezett karbonil funkcióhoz tartozó csoportrezgés.

Ezután felvettük a rágógumi spektrumát is. A kiindulási rágógumi spektrumának 3308 cm^{-1} –nél jelentkező széles csúcs a hidroxil-csoportok jelenlétére utal, ami valószínűleg a rágógumi glükóztartalmának köszönhető. A kiindulási rágógumiban is megfigyelhető azonban az 1736 cm^{-1} -nél található karbonil-csúcs, ami a PVAc tartalom következménye (5.4 ábra).



5.4 ábra Rágógumi IR spektruma

A rágógumi extraktum a spektruma a következő ábrán látható. Jól látható hogy a hidroxil csoportokhoz tartozó jel intenzitása csökkent, vagyis a feldolgozás során a rágócukortartalmának egy része elveszik és a visszamaradó anyag nagy mennyiségben PVAc tartalmaz (karbonil csoportrezgés 1731 cm^{-1} -nél). Ezt a spektrumot a szoftver segítségével a tiszta PVAc spektrumával összehasonlítva jó egyezést (corr.: 0,921) kaptunk (5.5 ábra)..



5.5 ábra Rágógumi extraktum IR spektruma

A méréseket 2 különböző mintán, és két különböző rágón is elvégeztük, hogy a minta inhomogenitásából származó hibát kiküszöböljük.

A vizsgálat eredménye megerősítette, hogy a rágógumból leválasztott anyag polivinil-acetát és polivinil-alkohol keveréke.

5.2.5 Lehetséges felhasználás

Ha az IR spektroszkópiával vizsgált keverékből sikerül kinyerni polivinil-acetátot 95-98% tisztasággal (mivel a polivinil-alkohollal kopolimert alkotnak a 100 % -os tisztaság nem elérhető) hasznosítható ragasztó alapanyagként. A polivinil-acetát alapú ragasztókat a fa iparban használják elsősorban.

5.3. Jövőbeli elvégzendő kísérletek az eredményekből tükrében

1. A polivinil-acetát és polivinil-alkohol keverék szétválasztása
2. Az elválasztott anyaggal ragasztott fa kapcsolatok szilárdsági vizsgálatai

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Úgy gondoltam, hogy vannak olyan anyagok, amelyeket szemétként kezelünk, de tudatos gyűjtésükkel és újrahasznosításukkal az építőiparban is hasznosíthatóak lennének. Így jutottam el a rágógumihoz és gondolkoztam el annak újrahasznosításán.

Felhasználási lehetőségek:

1. Poliizobutilén elválasztása a rágógumi többi alkotójától, majd ennek kent szigetelésként való alkalmazása.
2. Polivinil-acetát elválasztása a rágógumi többi alkotójától, majd ennek ragasztó alapanyagként való hasznosítása a faiparban.
3. Rágógumi geotextillel való kombinálása, így egy kompozit anyag létrehozása, és amely víz elleni szigetelésként funkcionál.

Megvizsgáltam a rágógumi több fajta oldószerben (aceton, sebbenzin, denaturált szesz) való oldhatóságát szobahőmérsékleten majd forró vízfürdőben. A sebbenzin jól oldja a rágógumit, a denaturált szesz kiold belőle egy zselé szerű anyagot, az aceton nem oldja a rágógumit. A hő hozzáadása fokozta a sebbenzin oldóképességét és növelte denaturált szeszben kivált zselészerű (feltehetően polivinil-acetát tartalmú) anyag mennyiségét. Létrehoztam egy rágógumi és geotextil keverékéből álló kompozit szigetelő anyagot, majd ennek vízzáró képességét (próbakockára terítve) és rágógumi hatására megváltozott szakítószilárdságát vizsgáltam kísérletekkel. A kompozit anyag vízzáró képessége jelentős (még tovább fejleszhető a későbbiekben), szakítószilárdsága nem nőtt (későbbi vizsgálatokat igényel a próbatestek eltérő módú előállításai miatt). Derivatográfiás és IR spektroszkópia vizsgálatokat végeztem a zselés anyag meghatározására. A rágógumi oldott-bepárolt komponensének termoanalitikai eredménye azt mutatja, hogy a szerves töltőanyag hőbomlásához tartozó endoterm DTA csúcs nincs jelen, tehát a szerves (polimer műgumi) és a szerves rész (töltőanyag) szétválasztása sikeres volt, és teljes mértékben megtörtént. Az IR spektroszkópia eredménye megerősítette, hogy a rágógumiból leválasztott anyag polivinil-acetát és polivinil-alkohol keveréke. Elválasztás után a polivinil-acetát alkalmazható ragasztó alapanyagként.

Vizsgáltam a térburkolatokról való eltávolítás lehetséges új módszereit. Két beton próbatestről (egy viszonylag sima és egy durva felületű) sikerült egyszerűen, pár csepp benzinnel és egy kaparó eszköz segítségével eltávolítani a szennyeződést. Ez a módszer egyszerűbb és költséghatékonyabb lehet a ma használatos módszerekhez képest.

7.KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Nagyon köszönöm a témavezetőim, Dr. Kopecskó Katalin és Dr. Lublós Éva segítségét, nélkülük ez a dolgozat nem születhetett volna meg. Köszönettel tartozom Mlinárik Lillának, Rónaky Viktóriának és Fekete Csabának a kémiai vizsgálatokban nyújtott segítségükért. Szeretnék köszönetet mondani Eipl Andrásnak és Dr. Szabó Gábornak, hogy biztosítottak számomra megfelelő gépet a szakítóvizsgálathoz. Köszönöm Takács Krisztiának a vízzáróság vizsgálatban nyújtott segítségét. Köszönöm családom és barátaim támogatását.

8.HIVATKOZÁSOK

8.1 Hivatkozások

Kaoru, K., (2010)

Kvist, C.; Börje Andersson, S.; Fors S.; Wennergren, B.; Berglund, J., (1999): „*Apparatus for studying in vitro drug relase from medicated cheving gums*” International Journal of Pharmaceutics, VOL 189, p. 57.

Rømer Rassing, M.,(1993): „*Cheving gum as drug delyvery system*” Advanced Drug Delivery Reviews, VOL 13, p. 89.

Stefanik, A., (2012): „Rágógumi vizsgálata” pp. 4-7.

8.2 Internetes hivatkozások

(internet 1) http://velvet.hu/sztori/2014/03/07/orokre_maradhat_a_budapesti_ragogumi-szonyeg/

Letöltés időpontja: 2014. szeptember 25.

(internet 2) <http://www.eaza.net/activities/sustainability/Pages/ActionsArchive.aspx>

Letöltés időpontja: 2014. október 19.

(internet 3) <http://szem-szajnak.postr.hu/mibol-van-a-ragogumi/>

Letöltés időpontja: 2014. szeptember 25.

(internet 4) <http://antalvali.com/comment/66654/a-ragogumi-eltavolitasa-maskent>

Letöltés időpontja: 2014. szeptember 25.

(internet 5) <http://www.ragogumieltavolitas.hu/>

Letöltés időpontja: 2014. szeptember 25.

(internet 6) <http://antalvali.com/comment/66654/a-ragogumi-eltavolitasa-maskent>

Letöltés időpontja: 2014. szeptember 25.

(internet 7)

http://www.ogyi.hu/dynamic/3_4_2013%20kozlemeny%20pdf_jei/Poly_vinylis%20acetas_7_8_kesz.pdf

Letöltés időpontja: 2014. szeptember 29.

8.3 Hivatkozott szabványok

M SZ 4798-1:2004 (az MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentum) (5.5.3 szakasz)