Üvegszálak alkalmazása a korai zsugorodás megakadályozására

Fűr Kovács István*, Dr. Seidl Ágoston**

MAGY. KIR.
SZABADALMI HIVATAL

SZABADALMI LEIRÁS

19074. szám.
XIIf. OSZTÁLY.

Eljárás vékony kéregpapirszerű műkőlemezek előállítására.

HATSCHEK LAJOS GYÁROS VÖCKLABRUCKBAN (AUSTRIA).

A szabadalom bejelentésének napja 1900 április hó 2-ika.

A jelen találmány tárgyát kőszerű lemezek előállitására szolgáló eljárás képezi, mely lemezek egyszersmind kéregpapirszerű jelleggel birnak.

Ezen új eljárás lehetővé teszi, hogy műköveket vékony, egyenletes lemezek alakjában készithessünk. Az eljárás abban áll, hogy szálas anyagokat, főkép azbesztet a papir- és kéregpapirgyárak szokásos keverőgépeiben czementtel, hidraulikus mészszel vagy hasonló hydraulikus kötőanyagokkal összekeverünk és a keveréket papir- és kéregpapirgépeken a szokásos módon a kívánt vastagságú lemezekké földolgozzuk. E lemezek azután nagy nyomás alkalmazásával határozott alakokat vagy kivánt külsőt, síma vagy mintás fölületet nyerhetnek. Ez által ezen új gyártmánynak a legkülönfélébb használati mód van biztositva.

A jelen eljárás különös előnye abban áll, hogy a műkövek gyártásánál a czementhez eddig hozzáadni szokott pótanyagok helyett, melyek főleg kvarczhomokból állottak, valamely rostszálat, főkép azbesztet használunk, mely kovasavas magnézia tartalmánál fogva a czementtel bensőleg egyesül, a mi által a nyert termék sokkal tömöttebb lesz, mint a jelenlegi, homokkal készült műkövek.

Tiszta czement az időnek nem áll ellent csak a portlantczementhez homok hozzáadása által érjük el ezen ellentálló képességet, miután a homok a külömben igen nagy feszültségű viszonyokat reszben kiegyenliti. A jelen találmánynál ezt a sokkal könnyebb rostszálak hozzáadásával sokkal tökéletesebben érjük el és a nyert termék ugyanazon nyomó szilárdság mellett nagyobb húzó szilárdságot nyer, mint a homokkal készült kövek, amennyiben ugyanis, a rostszálak itt, ugyanazon szerepet játszák, mint az ismert Monier-rendszernél a drótbetétek.

A jelenleg szokásos eljárás szerint készült hasonló lemezek alakítása bizonyos nehézséget okozott, mely a szükséges anyagok keverésének mikéntjében áll. A keverés ugyanis eddig nem volt oly alaposan véghezvihető, mint a jelen eljárásnál. A czementnek és homoknak a papirgyárak holländereiben való keverése már azért sem lehetséges, miután a gyártás ezen módjánál a homok a földolgozás közben az illető gépekben leülepednek és a czement egyedül vétetnék föl a gép hengere által, illetőleg csak magában kerülne földolgozásra.

A czementnek a rostszálrészecskékkel a holländerben történő benső keveredése által a szálrészecskéknek a czement által való egyenletes lekötését érjük el, a mennyiben

Hozzászólás a „Szálerősítésű betonok” konferencia „Üvegszálak” szekciójához

104 évvel ezelőtt Hatschek Lajos gyáros Vöcklabruckból szabadalmi oltalmat kért és kapott a Magyar Királyi Szabadalmi Hivataltól 19.074-es lajstrom szám alatt kőszerű lemezek előállítására, mely lemezek egyszersmind kéregpapír jelleggel bírnak. Az eljárás abban állt, hogy szálas anyagokat, főképp azbesztet cementtel összekevertek és a keveréket papír-és kéregpapírgépeken a szokásos módon lemezekké feldolgozták, s nagy nyomáson formára sajtolták. A szabadalmat Ausztriában 1900. március 30-án, Magyarországon 1900. április 2án jelentették be, s kb. egy évre rá azt be is jegyezték.

A 104 évvel ezelőtti műszaki színvonalon a szóba jöhető rostanyag cellulózvagy azbesztszálat jelentett. Ez az anyag ETERNIT márkanév alatt vált ismertté. Az eternit nemzetközileg ismert és elismert termékké tétele még az első világháború kitörését megelőzően sikeresen befejeződött. A háborút megelőző néhány évben már évi 24 millió tonnát sikerült belőle értékesíteni, ami a vásárlók elégedettségét jelzi.

Az azbesztcement felemlegetésével csak fel kívánjuk villantani a múltbéli tapasztalatokat és eredményeket, hogy azokat ma is hasznosíthassuk. A klasszikus azbesztcement a szálerősítésű beton egy szélsőséges esetének tekinthető, amikor is a termékben a cementen túlmenően csak a szálasanyagtalálható (annak idején ez főleg azbeszt volt), más adalékanyag nem. Így olyan 5 -50 mm vékony cementmátrix lemez állt elő, ami ma is tiszteletet gerjesztő szilárdságokat mondhat magáénak:

CEM 32,5 cementtel 18 – 25 N/mm^2 hajlító szilárdság és
50 – 60 N/mm^2 nyomó szilárdság

(A fenti értékek csupán tájékoztató jellegűek, vékony lemezekről lévén szó a vizsgálati módszer más, mint a beton-szakmában szabványosított.)

Természetesen a szálascement gyártás már évekkel ezelőtt kiváltotta az azbesztet, de termék-és technológia fejlesztésében támaszkodott az azbeszttel kapcsolatos tapasztalatokra.

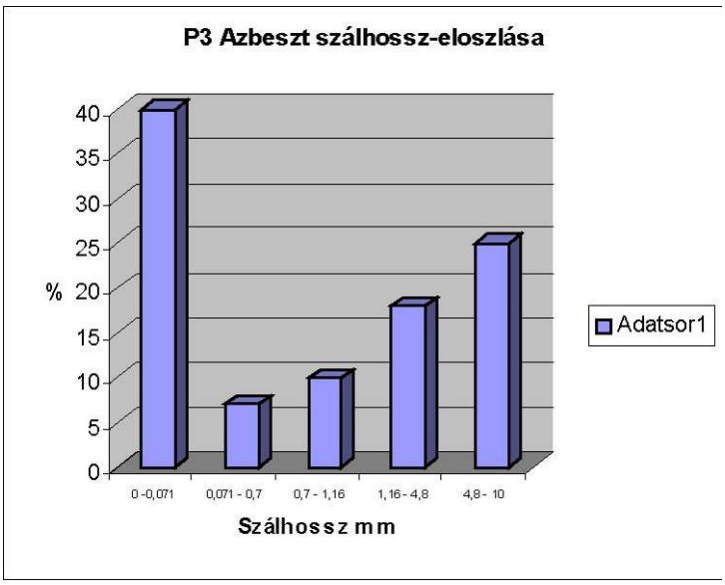
Átültethető-e az azbeszttel kapcsolatos néhány eredmény a mai igen vékony, 20 µm körüli) nem acél szálasanyagainkra (üvegre, műanyagszálra, szénszálra), illetve ezen szálaknak cementmátrixban való alkalmazására?

Valószínűleg igen.

Mik lehetnek ilyen érdeklődésre számot tartó eredmények?

1. Optimális szálhossz és szálátmérő

Elméletek léteznek ennek a meghatározására, de a gyakorlat eléggé széles spektrumon mozog. Azbeszt esetében alkalmazástól függően az átlagos hasznos, vagy hatásos szálhossz 3 – 6 mm-re tehető. A mesterséges szálak mai betontechnológiai felhasználását tekintve 12 mm alatti szálat nemigen terveznek. Ez még érdekesebb annak fényében, hogy az ETERNIT-gyártás az azbeszt helyettesítését 4 – 6 – 8 mm-es szálak alkalmazásával oldotta meg.



A szálátmérő szintén izgalmas kérdés: korábban főleg kis szálátmérőkkel dolgoztak, az azbesztszálak jelentős része 10 µm alatti volt, ami egyik oka rendkívüli szilárdságnak, de az azbeszt tüdőkárosító hatásának is.

Jelenlegi ismereteink szerint a legkisebb szálátmérő egészségügyi okokból 5-7 µm-nál húzható meg, melyet a biztonsági érdekében célszerű 10 µm felé elhúzni. Ehhez igazodnak is a forgalmazók: a jelenleg forgalomban lévő szálak 12 – 500 µm átmérő tartományban mozognak.

A szálascement gyártásban az azbeszt kiváltását a vele szerzett pozitív tapasztalatok alapján a kezdeti időkben kis átmérőjű, rövid szálakkal oldották meg. Vizsgálódásaink során ezért fordult figyelmünk a rövid, kisátmérőjű szálak irányába.

2. Az adagolt szál mennyisége

Ha a vékony és rövid szálak esetében nem a cementkő helyett a húzóerőt felvevő „vasalást” látjuk, hanem a szálaktól a cementkőmátrix tulajdonságainak megváltoztatását várjuk el, akkor azt kell vizsgálnunk, hogy milyen mennyiség javítja legjobban a cementkőmátrix tulajdonságait.

Az alsó határt a vállalkozási gyakorlatból ismerjük: ez már a homeopátiával rokonterület, kb. 0,5 kg/m^3, ami 0,1 – 0,2 térfogatszázaléknak felel meg. De hol a felső határ, vagy még inkább mi az optimális szilárdsági szempontból?

Az azbesztcement iparban ez (sok kísérlet eredménye alapján) a maximális száladagolás kb. 12 térfogat% környékén mozgott. Fel lehet tételeznünk, hogy a cementpépre vonatkozóan ez a mesterséges szálak vonatkozásában is a felső határ környékét jelzi, ennél több szálat a cementpép már nem tud befogadni.

Ez a betonokban szokásosan alkalmazott, a cementpépre vonatkoztatott 1 térfogatf%-nál jelentősen nagyobb érték a jövőben valószínűleg csak a különleges szálascement termékeknél jöhet szóba, pl. az azbeszttel összemérhető szilárdsági jellemzőket eredményező szénszállal készülő, kis falvastagságú termékeknél.

A vékony és rövid szálak optimális mennyiségének meghatározására további kísérletekre van szükség.

3. A szálakkal kapcsolatos fizikai-mechanikai és kémiai követelmények

Az alábbi táblázathoz hasonlót lehet megtalálni minden szálascementtel foglalkozó átfogó műben. A bemutatott táblázat adatai érzékeltetik, hogy a jelenleg legkiválóbb műszaki tulajdonságokat hordozó szénszál alkalmazásától a jelenlegi cementekkel legfeljebb azokat a szilárdsági eredményeket várhatjuk, amelyeket az azbesztcement-ipar már elért. Többletet a kötőanyagipar új eredményei hozhatnak: különlegesen nagyszilárdságú cementek, új műanyag kötőanyagok stb.

Anyag	Átmérő µm	Hossz Mm	Sűrűség g/m³	E-modul N/mm²	Húzó-szilárdság N/mm²	Szakadási nyúlás %	Lúgállóság	Olv.pont ºC
Acél 100-1200		10-100	7,85	210000	270-2500	3,5	kiváló	1500
Rozsdamentes acél	100-1200	10-60	7,9	185000-200000	1000-1500	3,0	kiváló	1400-1600
Ar-üveg 10-30		10-40	2,7	70000-80000	1500-4000	2-3,5	jó	1200
E-üveg 8-15			2,6	70000-80000	2000-4000	4,5	gyenge	1200
Polipropilén 10-300		6-36	0,9	3000-12000	300-700	15	kiváló	150
Poliakrilnitril 10-100			1,2	15000-20000	600-900	6-9	kiváló	400
Nylon >4		5-50	1,14	4000	900	13,5	kiváló	200
Szén 10-20			1,6-1,9	30000-230000	500-3000	1-2	kiváló	400-500
Cellulóz 15-60			1,2-1,5	5000-40000	200-500	3	gyenge	
Sisal 10-50			1,8	10000-25000	250-500	3-5	gyenge	
Krizotil azbeszt 10		3 – 6	2,55	10000 – 250000	3150	2 -3	kiváló	
Összehasonlítás:								
Cementkő			2,0-2,2	10000-25000	3-6	0,01-0,05		
Beton			2.2-2.4	30000-40000	1-4	0.02		

Az eddig említett tapasztalati adatok elsősorban a szilárdsági csúcsok ostromlására vonatkoznak. Ez a jelenlegi betontechnológiai kutatásoknak és alkalmazásoknak csupán az egyik ága.

A szálak tulajdonságait bemutató táblázat utolsó oszlopa a lúgállósággal foglalkozik, ez elterjedten fontos szempont a beton erősen lúgos volta miatt.

A vékony szálak jelenlegi betontechnológiai alkalmazás döntő többségét a nyers zsugorodási repedések megelőzése jelenti (a másik fő terület az „eternitgyártás”). A szakirodalmi adatok szerint a számottevő zsugorodási repedések a beton életének első néhány órájában várhatóak.

Megfontolandó, hogy ha a szálaknak a zsugorodási repedések megfogásában csak az első órákban jut szerep, akkor ezeknél az alkalmazásoknál valóban döntő-e a szálak lúgállósága?

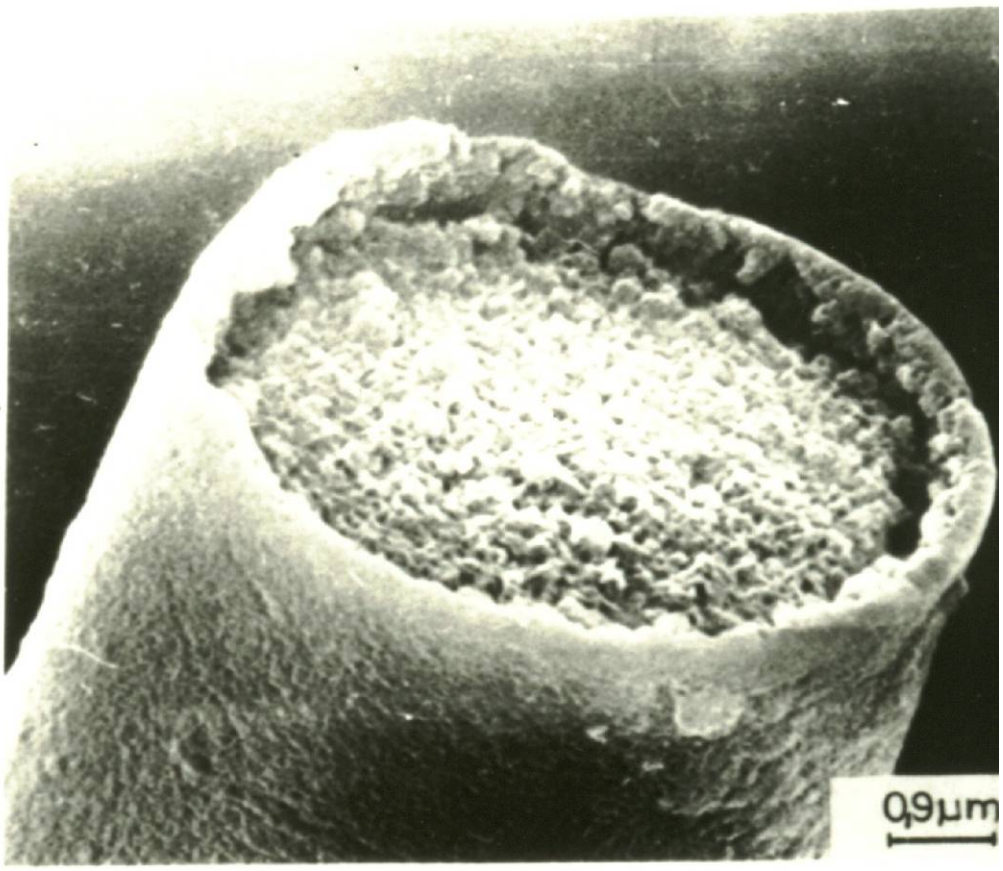
Napjainkban a betonok szálerősítésére leggyakrabban az alábbi száltípusok jönnek szóba: acél, polipropilén, poli-akrilnitril, alkáliálló üvegszál, szénszál, polivinil-alkohol.

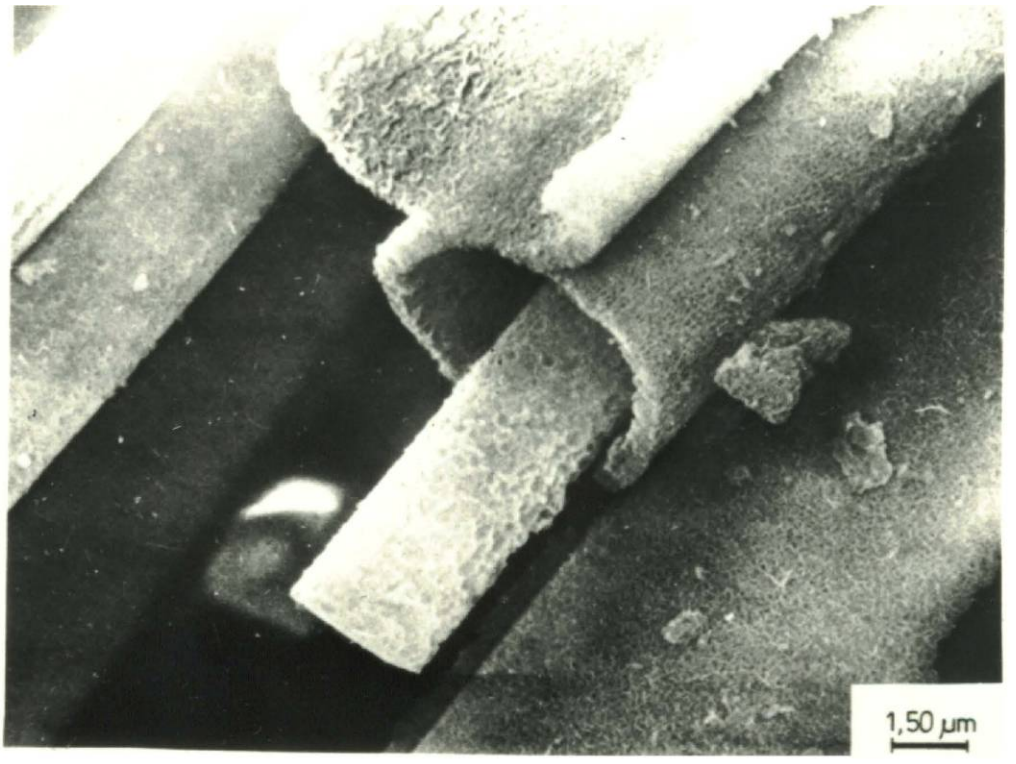
A normál üveget, más néven E-üveget nem megfelelő lúgállósága miatt általában nem is említik. Szilárdsági paraméterei a szóba jöhető szálak területén a legjobbak között van. Egyetlen egy tulajdonsága, a gyenge alkáliállósága miatt mondatott ki az ítélet, és lett az E-üveg kegyvesztett.

A hazai azbesztcementgyártásnak vannak ezirányú tapasztalatai, éppen egy időlegesen kialakult azbeszthiány miatt.

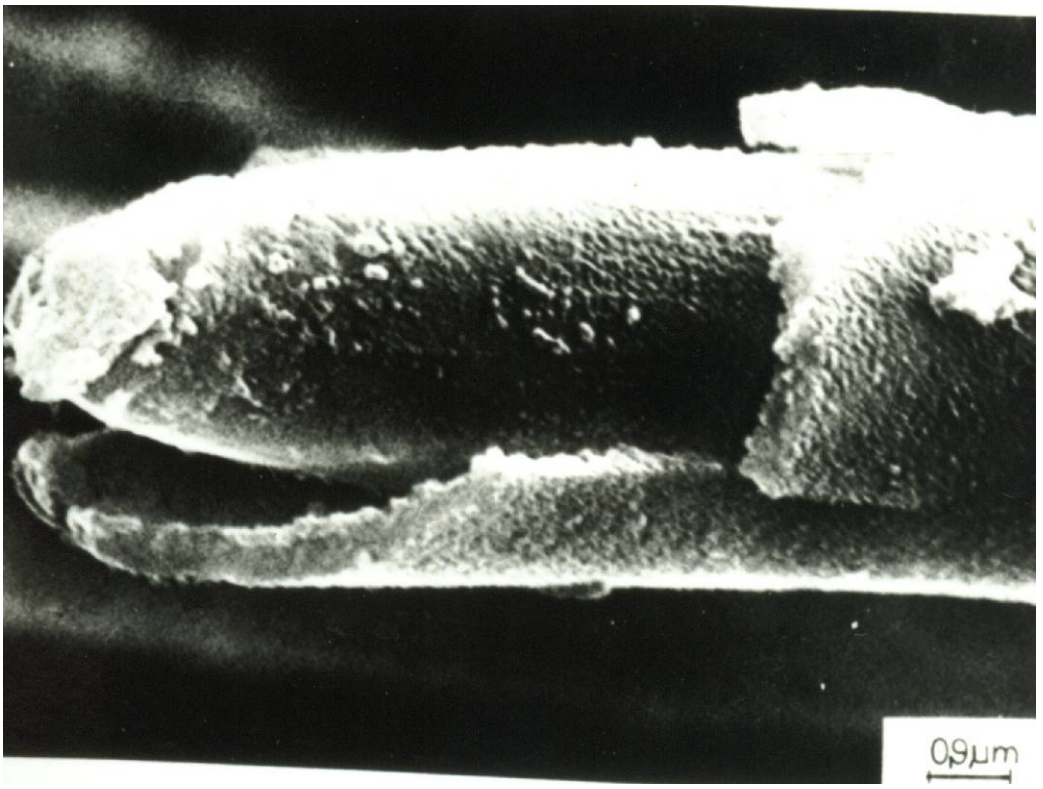
A II. világháború után Nyergesújfalun közel 20 évig, az akkor nehezen beszerezhető import azbeszt mellett kb. 20 %-ban E-üvegszálat használtak a cementmátrix megerősítésére. A 60-as és 80-as évek között a SZIKKTIben Dr. Opoczki Ludmilla, Dr. Szatura László és Dr. Wojnarovits Lászlóné vizsgálták a 40-es években készített, de a 60-as, 70-es években még tetőkön funkcionálisan működő szálerősítésű termékek cementmátrixát, az E-üveg és más üveges fázisú szálak alkáli korrózióját.

Az üveges fázisú szálakban végbemenő korróziós folyamatokat gyorsított öregítéssel próbálták modellezni. Az öregbítés különböző fázisaiban a következőkhöz hasonló képek keletkeztek.




1,50 µm

0,45µm



A kutatások eredményképpen megállapítható volt, hogy az E-üvegszálak teljes korróziója 20 év után teljesen végbement, vagyis a 40-es években gyártott, elsősorban tetőfedő lemezek kb. 20 év alatt tönkrementek. Mikroszkópos és elektronmikroszkópos felvételek tanúsága szerint, egy korróziós folyamat keretében az üveges fázis részben eltűnik, részben visszamaradt „fossziliákat" visszahagyva „felszívódik", vagyis többnyire oldható sók formájában diffundál, apró csőszerű, kapillárisjellegű üregeket visszahagyva.

De a tönkremeneteli folyamat 20 évig eltartott, s csak kb. ennyi idő elteltével következett be használhatóság megszűnése.

Felvetődik a kérdés: okozhat-e károkat a korróziós termék illetve a visszamaradó kapilláris struktúra?

Először is az említett kutatások szerint a tetőfedő lemezek tönkremenetele elsősorban a hajlítószilárdság drámai csökkenése miatt következett be. A tönkremenetel nem a fagy hatására, hanem mechanikai hatás, hóteher, szélvihar, dilatációs feszültség stb. hatására következett be. Az alkalmazott azbeszthelyettesítő normál üvegszál a lúgos környezet hatására minden bizonnyal kioldódik a cementmátrixból, de a kis mennyiség (2-3 tf%) és a rövid szálak miatt nem keletkeznek összefüggő kapillárisrendszerek. Az időjárás hatása a lemezeken felületi lepusztulást, eróziót okozott, de a

cementmátrix többsége ennek ellenére egészében működőképes maradt, amit a 10 – 20 éves funkcionális alkalmasság igazol.

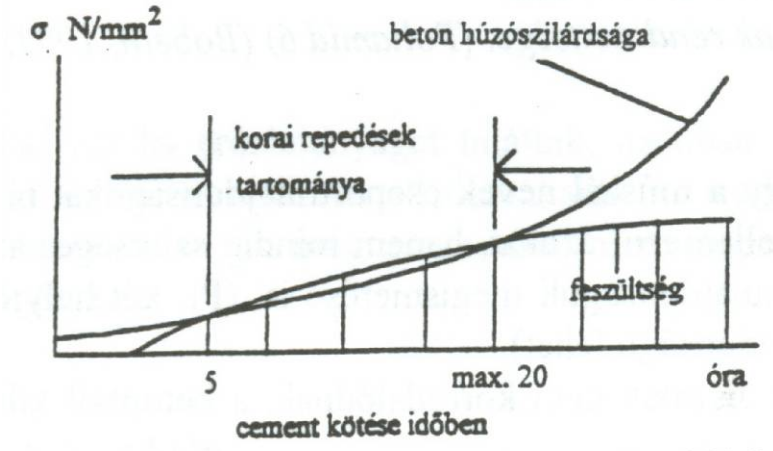
Az E-üveggel készült szálascementben a 12 térfogat%-nyi szál kb. 20 %-át kitevő nem alkáliálló üveg teljes kioldódása kb. 2-3 térfogatszázaléknyi kapillárist jelent, mert a szálascementet közel a kémiai vízigényének megfelelő 0,2-es vízcementtényezővel gyártották. Ha ezt összevetjük egy „normál" betonban a 0,4-es V/C tényezőből adódó kb. 70 liter többletvízből adódó 7 térfogat%-nyi porozitással, illetve az 1 kg/m3 szokásos száladagolásból adódó 0,5 ezreléknyi plusz porozitással, akkor mennyiségileg nem tűnik jelentősnek a különbség (persze kapillárisméretben és eloszlásban van eltérés).

Egy másik aspektus a gyakorlatból: Az ebben az időszakban készült E-üveggel gyártott eternitcsövek egy jelentős része a mai napig, 50 – 60 évesen a föld alatt az ország infrastrukturális részét képezik. A tapasztalatok szerint töredék hajlítószilárdsággal, de többé-kevésbé változatlan tömörséggel (a meghibásodások itt is a csövek eltöréséből, elpattanásából, nem szivacsossá válásukból következnek be).

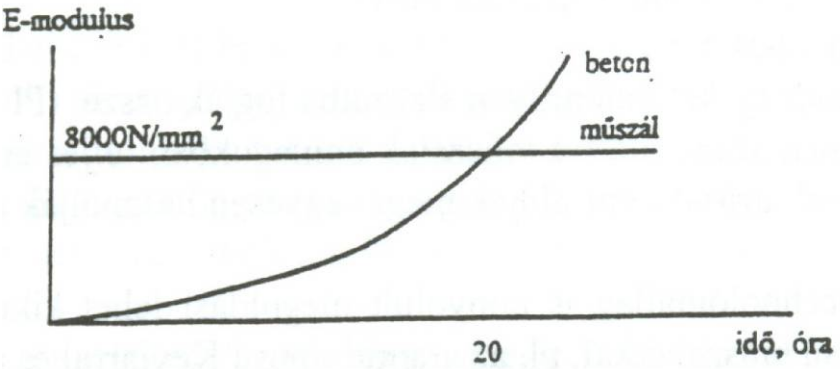
Ennek alapján a következtetés: a nem alkáliálló üvegek miatt bekövetkező kioldódási folyamat a kompozit tömörségét, betonszerűségét nem rontotta le.

Visszatérve a nyers zsugorodási repedésekhez, úgy tűnik, hogy az Eüveg talán méltatlanul lett teljes mértékben száműzve a betontechnológiából.

Ha minden szélsőséges körülményt figyelembe véve a kritikus zsugorodási feszültség/húzószilárdság pont elérését 20 órára vesszük, akkor az alkliállóság/alkálikorrózió szempontjából több nagyságrendnyi biztonsággal lehet számolni E-üvegszálak alkalmazása esetén. De valószínűsíthető, hogy a mértékadó 1 éves zsugorodás feszültségeinek felvételében is még jótékony hatással lehetnek a lebomlóban lévő üvegszálak maradványai.



A húzószilárdság és a cement kötése következtében fellépő feszültség közötti kapcsolat vázlatos ábrázolása



A nem alkáliálló üvegszálak okozhatnak kioldódásukból adódó porozitásnövekedésen túl más problémákat is, így pl. alkáli reakciót arra érzékeny adalékanyagok esetében, vagy az üveg kioldódása után visszamaradó ionoknak lehetnek kedvezőtlen hatásai. Remélhető azonban, hogy a problémák nem lesznek jelentősek mivel egy szokásos 1 kg/m3 üvegszál adagolása esetén 0,5 ezrelék nagyságrendről beszélünk!

Célszerűnek tűnik azonban ilyen irányú vizsgálatokat végezni, mert a káros mellékhatások kiküszöbölése esetén meghatározott alkalmazási területekre rehabilitálni lehetne az E-üvegből készült szálakat.

Összefoglalás

Felelevenítve az azbesztcement-gyártás során szerzett tapasztalatokat és a korai azbeszthelyettesítés tapasztalatait, megfogalmazhatók az alábbiak:

- a kis átmérőjű és viszonylag rövid szálakkal szerzett kedvező tapasztalatok azt mutatják, hogy az ilyen jellemzőket felmutató szálakkal a cementmátrix kellően erősíthető, mely kedvező betontulajdonságokban nyilvánul meg;
- a nem alkáliálló E-üveggel a szálascement iparban szerzett tapasztalatokat figyelembe véve jó eredmények várhatók a betonok korai zsugorodási repedéseinek megakadályozásánál.

E szempontokat figyelembe véve célszerűnek láttuk további vizsgálatokatvégezni, melyek a BMGE Építőanyag és Mérnökgeológia Tanszékével közösen már folynak, s reméljük, hogy a közeljövőben már eredményekről is számolhatunk be Önöknek.

Köszönetet mondunk a hazai ETERNIT-gyártás szakembereinek a segítségért, elsősorban is : Misinszki Istvánnak

és

Keszeghné Sándor Évának

* Fűr Kovács István, AVERS Kft. ** Dr.
Seidl Ágoston okl. vegyészmérnök