

Teherhordó szerkezetek gipszkarton szigetelésének tűzállósági vizsgálata

Czető István, Pákozdi Csaba

konzulens: Dr. Lublós Éva



Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. Szakirodalmi áttekintés	1
2.1. Szerkezeti anyagok viselkedése tűz hatására	1
2.1.1 Beton	1
2.1.2 Acél	2
2.1.3 Fa	3
2.2. Hőszigetelő anyagok viselkedése tűz hatására	4
2.2.1. Gipszkarton	4
2.2.2. Kőzetgyapot	6
2.2.3. Polisztirol hab	8
2.3. Hőszigetelőanyagok összehasonlítás tűzvédelmi szempontból	10
3. Kísérleti terv	11
4. Kísérleti eredmények	13
4. 1. Kőzetgyapot szigetelés	13
4.1.1.1. Szemrevételezés (normálgipszkarton, fa)	13
4.1.1.2. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, kőzetgyapot, fa)	15
4.1.1.3. A hőmérséklet alakulása	20
4.1.2.1 Szemrevételezés (normál gipszkarton, kőzetgyapot, beton)	23
4.1.2.2. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, kőzetgyapot, beton)	25
4.1.2.3. A hőmérséklet alakulása	28
4.1.3.1. Szemrevételezés (normál gipszkarton, kőzetgyapot, acél)	31
4.1.3.1. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, kőzetgyapot, acél)	32
4.1.3.3. A hőmérséklet alakulása	33
4.2 Extrudált pilisztirol szigetelés	36
4.2.2.2. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, EPS, beton)	37
4.2.2.3. A hőmérséklet alakulása	38
4.3. Extrudáltpolisztirol hőszigetelés	39
4.3.2.2. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, XPS, beton)	39
4.3.2.3. A hőmérséklet alakulása	40
5. Összefoglalás	42
6. Hivatkozások	46

1. Bevezetés

Napjainkban egyre nagyobb szerepet kap a tűzvédelem, hiszen építményeinkre nagy kockázatot jelent a tűz, mert a hőmérséklet növekedésével az építőanyagokban kémiai és fizikai változások mennek végbe. A tűzvédelem célja e káros hatásoknak, a tűznek a megelőzés, illetve ha már bekövetkezett, akkor a károk minimalizálása, az emberi élet védelme. A tűzvédelemnek három fajtája van: a passzív tűzvédelem, az aktív tűzvédelem és az operatív tűzvédelem.

Dolgozatunk keretein belül a tűzvédelem passzív módjának a lehetőségeit és annak hatékonyságát vizsgáljuk. Kísérleteink során a különböző építőanyagok (fa, acél, beton) tűz elleni szigetelési módjainak hatékonyságát vizsgáltuk. Az általunk alkalmazott szigetelő rendszer gipszkartonból (normál és tűzálló) és szigetelőanyagból (közetgyapot, polisztirolhab) állt. Lényegesnek tartjuk ennek a kérdésnek a tisztázását.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Szerkezeti anyagok viselkedése tűz hatására

A legfontosabb építőanyagaink a beton, az acél és a fa, ezért először ezek tűzterhelés hatására történő tönkremenetelét röviden tárgyaljuk.

2.1.1 Beton

A hőterhelés hatására a **beton** fokozatosan átmelegszik, ennek hatására különböző kémiai folyamatok indulnak be benne. Ezeket az átalakulásokat több tényező is befolyásolja: a cement és az adalékanyag típusa, víz-cementtényező, adalékanyag-cementtényező stb.

Elsőként a beton dehidratációja zajlik le a beton pórusaiban lévő illetve a kémiailag kötött víz távozása (pl.: ettringit bomlása) ezek a folyamatok tömegveszteséggel járnak és 100-400 °C között zajlanak le.

400°C környékén a betonfelülete rétegesen leválhat, ilyenkor a távozó víz kondenzálódik, a felszín közelébe az nem engedi a mélyebb rétegekből távozni a gőzt, a nyomás megnő, majd a felület leválik. A beton keresztmetszete ennek hatására jelentősen csökken, ezzel csökken a beton szilárdsága is.

A hőmérséklet emelkedésével 450°C környékén endoterm folyamat a kalcium-hidroxid bomlása zajlik. Ez újabb víz, tömeg veszteséggel jár. Majd 600°C környékén a kúszás, a beton térfogata erőteljesen nő a kalcium tartalmú kristályok bomlása miatt.

700°C felett elindul a kalcium- szilikát-hidrát bomlása beindul, a kapillárisok, repedések száma megnő majd 800°C felett felbomlanak a kerámiai kötések, a beton tönkremegy. Vasbeton esetén fontos hogy az acélbetétek megfelelő védelmet kapjanak, hisz azok jelentős alakváltozása már 400, ill. 500°C-on bekövetkezik.

2.1.2 Acél

Az **acél**ban a hőmérsékletemelkedésnek hatására szembeűnő változások zajlanak le (2.1. ábra) „az acél szilárdsági, és merevségi jellemzői folyamatosan romlanak”[1]. a változás mértéke egyenesen arányos a hőmérséklettel illetve az acél feszültség szintjével. Az anyag reagálását a hőteherre leginkább annak megmunkálási módja szabja meg. A hidegen hengerelt acélok esetében a hőmérséklet emelkedésének hatására a folyáshatár 300°C-on elkezdi csökkenni, rugalmassági modulusa 100°C-on gyorsabban csökken. A melegen hengerelt acéloknál viszont a folyáshatár csökkenése 400°C-on jelentkezik, a rugalmassági modulus pedig szintén 100°C-on indul csökkenésnek, de lassabban. Ebből is kitűnik, hogy a szerkezeti az-az a melegen hengerelt acélok kedvezőbbek tűzvédelmi szempontból, mint a hidegen alakítottak. Kritikus acélhőmérséklet, ahol a lineárisan rugalmas tartományból képlékeny tartományba megy át az acél 500°C a melegen hengerelt acéloknál, 400°C a hidegen alakítottaknál. Az 1. 1. ábrán jól látható, hogy 500°C feletti hőterhelés hatására az acélszerkezetekben jelentős alakváltozások keletkeztek.

Ezen túl még a fajhő befolyásolja számottevően az acél viselkedését hő hatására, az-az, hogy mekkora mennyiségű energia szükséges az anyag hőmérsékletének 1°C-al való emelkedéséhez. Ha a fajhőt ábrázoljuk a hőmérséklet függvényében, akkor jól látható a fajhő a 700-800°C közötti tartományban szinte a végtelenig emelkedik, vagyis az anyag hőmérséklete nem nő. A többlet energia a kristályszerkezet átalakulására fordul. Ekkor indulnak be azok a folyamatok melyek az anyag 1200°C-on történő tönkremeneteléhez vezet.



2.1. ábra Károsodott acélszerkezetek [2]

2.1.3 Fa

A **fa** maga is éghető anyag, így tűz hatásra égni kezd, ellentétben az eddig tárgyalt anyagokkal. A fában a hő hatására jelentős, és változatos kémiai átalakulások zajlanak. Alapvetően két részre bontható a fa égése. Hő bomlásra és felületi izzásra, parázslásra.

100°C-on a fában lévő víz távozik. 100-200°C-on elindul a hő bomlás (pirolízis), ennek során a fából éghető gázok távoznak. A hőmérséklet további emelkedésével 200-250°C-on eléri a lobbanáspontot ekkor a távozó gázok a fa felületéhez közel a magas hőmérséklettől lángra lobbannak.

250-300°C-on a távozó gázok égése folyamatos a felület látványosan elkezd parázslani, majd 330°C-on az anyag öngyulladást szenved. A távozó gázok saját hőmérsékletüktől begyulladnak.

Ezen folyamatokat végig kíséri a felület elszenesedése. Négyzetesen repedezett faszénkéreg keletkezik a fán (2.2. ábra) melynek repedéseiben zajlik a hőbomlás és a keletkező gázok távozása. Ez a kéregképződés a keresztmetszet csökkenésével (2.3. ábra) a szilárdság csökkenésével jár.

A fa szerkezetek esetében különös veszélyt jelentenek a vasalások, amikor két elem összeillesztését fém elemekkel oldják meg. A fémek jó hővezető képességüknél fogva a fa belsejébe vezetik a hőt, így „csökkentve a fa beágyazási szilárdságát”[3]. Valamint a kis tömegű fém elemek hamar felmelegszenek, meglágyulnak és tönkremennek (2.4. ábra).



2.2. ábra: Négyzetesen repedezett kéreg [2]



2.3. ábra: Keresztmetszet csökkenés [2]



2.4. ábra: Tönkrement faszerkezet [2]

2.2. Hőszigetelő anyagok viselkedése tűz hatására

2.2.1. Gipszkarton

A normál gipszkarton lakó, köz és ipari épületek leggyakrabban használt szerelt épületszerkezeteinek legfőbb része. Alkalmos térelválasztó, terhet nem viselő külső, és kötényfalak kialakítására épp úgy, mint álmennyezetek szerelésére.

A gipszkarton lap két papírréteg között kötött gipszet jelent. Alapanyaga anhidrid, vagyis a kalcinálásnak nevezett folyamat során a kristályrács kötését elősegítő ásványvizétől megfosztott gipsz. A gyártás során az anhidridhez vizet adnak, rehidratálják az így keletkezett pépet öntik papírlapra majd elegyengetik és egy újabb papírlappal fedik le.

A gipszkarton klimatizáló hatású, páraáteresztő anyag. Kis önsúlya könnyű beépíthetősége teszi olyan kedvelté és elterjedté .

A gipszkarton lapok legfőbb összetevője maga a gipsz éghetetlen A1-es besorolású, mint egy 20%-os kristályvíz tartalma természetes tűzvédelmet biztosít a számára. Azonban a hőmérséklet emelkedésével a kristályvíz tartalom távozásával a kémiai kötés megszűnik. A hőteher hatására megtörténik a gipsz kalcinálizációja újból anhidrid keletkezik, a gipsz szétesik, elporlad. Így hiába nem éghető anyag nem képes korlátlan ideig a tűz útját állni. A kalcináció 150-180°C-on bekövetkezik (2. 5. ábra).

Ennek kikerülése érdekében fejlesztették ki a tűzálló gipszkartont. Ennek a gipszkartonnak a gyártástechnológiája szinte megegyezik a normál gipszkartonéval. De a tűz elleni védelem elősegítésére szálerősítést tartalmaz (2. 6. ábra). Ennek az erősítésnek a célja, hogy a kalcinálódó gipszet nem engedje szétesni, továbbra is egyben tartja az anhidridet. Így

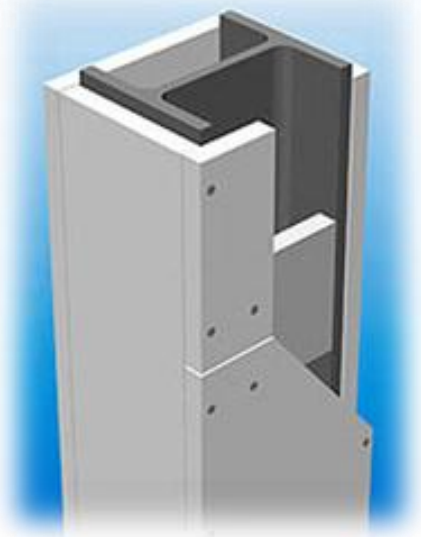
képes tovább útját állni a tűz terjedésének. A szálerősítés anyaga leggyakrabban üvegszál.
Ezért használják szerkezeti védelemre (2.7. ábra)



2.5. ábra: Károsodott gipszkarton álmennyezet és fal [4]



2.6. ábra Üvegszálak tűzálló gipszkartonban [5]



2.7. ábra: Acél pillér gipszkartonos tűzvédelme [6]

2.2.1 Kőzetgyapot

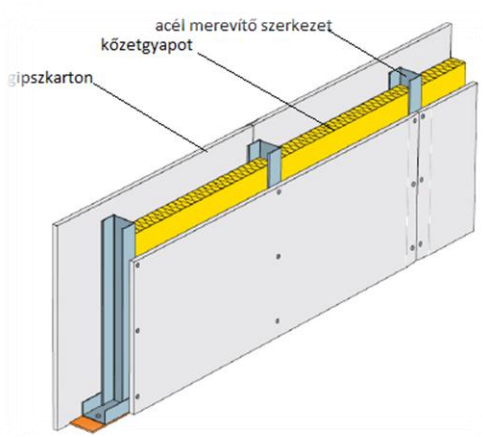
A **kőzetgyapot** a hőszigetelésben használt anyag szálás szerkezetű. A kőzetgyapot gyártása az alapanyag kiválasztásával kezdődik, ez általában bazalt vagy annak műszakilag megfelelő más anyag pl.: kvarchomok [7]. Az alapanyagot először őrlik, finomítják, majd melegítik. 1500°C feletti hőmérsékletre hevítik kádkemencékben, míg lávaszerű állapotba kerül, majd centrifugális fúvó eljárással az olvadékból szállakat készítenek. Miközben a szállak elhagyják a centrifugát műgyantával és valamilyen víztaszító anyaggal permetezik. Ezek után a szálakból lemezt húznak, a lemezekben lévő műgyanta megfelelő hőkezelés után polimerizálódik. Így állítják elő a stabil egymáshoz mechanikailag jól kötődő szál rendszert.

A kőzetgyapot rendkívül jó hőszigetelő, amely a sűrű szálrendszerben foglyul ejtett levegőnek köszönhető. Szintén a laza szálrendszernek tudható be jó hangszigetelő és pára áteresztő képessége. Alapanyag természetes kőzet így előállítására felhasználása kevésbé környezetkárosító, mint a különböző expandált és extrudált műanyag haboké. Formatartó így beépítés után is biztosítja a folytonos felületet.

Az előbb említett okokból a kőzetgyapot használata igen elterjedt. Hisz növeli az energia hatékonyságot, mind előállítására mind használatára kevésbé károsítja a környezetet mind más hőszigetelő anyagoké. Így egyre inkább épületeink részévé válik, vagyis meg kell vizsgálnunk tűzállóságát is.

A kőzetgyapot, mint már említettük, természetes kőzetből, kvarc homokból, bazaltból készülnek egyéb adalékanyagok és kemikáliák hozzá adásával. Jó tűzállósága is ezzel indokolható nem éghető tűzvédelmi osztálya A1. 1000°C-ig hőálló, ami igen előnyös hisz az 1000°C-os hőmérséklet lakástüzeknél szélsőséges, ritka. Ennek megfelelően a kőzetgyapot nemcsak, hő hanem tűzvédelmi szigetelések elkészítéséhez is használható. Ilyen célú felhasználás esetén minimum vastagsága 20 mm minimum sűrűsége 26kg/m³ [8].

Erre a tűzálló szerkezetre (2. 8. ábra) nagyon jó példa a Knauf Fireboard falak melyek lényege a két tűzálló gipszkarton lemez közé helyezett kőzetgyapot szigetelés. Ezek a könnyűszerkezetes falak ideálisak a tűz terjedésének az emberi élet megóvásának olcsó, egyszerű, könnyen kivitelezhető biztosítását. Természetesen a gipszkarton és a kőzetgyapot kombinációja nem csak ilyen könnyűszerkezetek készítésére, hanem gerendák és tartó elemek szigetelésére is alkalmas (2.9. ábra),(2. 10. ábra).



2.8. ábra Tűzvédelmi falrendszer [9]



2.9. ábra Beton és acél szerkezetek tűz elleni védelme [10]



2. 10. ábra Acél gerenda tűzvédelme (gyakorlati megvalósítás) [11]

2.2.3 Polisztirol hab

A **polisztirol hab** az egyik leggyakrabban használt hőszigetelés. Habját előhabosított polisztirol gyöngyökből (2.11. ábra) nyerik, melyet a sztírol aromás szénhidrogén polimerizálásával hoznak létre. Ezekből a gyöngyökből felhasználásuknak megfelelően két különböző habot állítanak elő [8].

Az **expandált polisztirolhab (EPS)** (2.12. ábra) gyártása során először az előhabosított gyöngyöket vízgőz segítségével 5-8 mm-esre növelik. Az így kapott anyag szemcsésen is használható hőszigetelésre, beton adalékanyagként stb. Második lépésben tovább folyik a habosítás, de ekkor már zárt formákban melyeket melegítenek is így a gyöngyök összetapadnak. A formából kikerülve az anyagot formázzák, vágják. A habban sok a légpórus, de nem csak a gyöngyökben, hanem azok között is, emiatt a laza szerkezet miatt védeni kell a nedvességtől.

Ez az expandált hab nagyon jó hőszigetelő az apró légbuborékokba zárt levegőnek köszönhetően, jó páraáteresztő képességgel is bír. Azonban védeni kell az UV fénytől.

Az **extrudált polisztirolhab (XPS)** (2.13. ábra) gyártása egy lépésben történik. A polisztirolgyöngyökből hő segítségével képlékeny műanyaghab szalagot állítanak elő majd ezt a képlékeny szalagot egy un. extruderen átnyomva hozzák létre a habot. A hab szerkezete zárt légbuborékok csak az egyes gyöngyökön belül vannak így nedvességnek kitett helyeken is alkalmazható ellentétben az expandált habbal. Szintén jó hőszigetelő [12].

Habár szemmel is észrevehető a két hab közötti eltérés - az expandált hab tömörebb, nehezebb - ennek ellenére tűzvédelmi szempontból egyik anyag sem kielégítő. Ezek a műanyag habok E tűzvédelmi osztályúak az-az éghetőek. Ezt több sajnálatos tüzeset is bizonyítja melyek gyakran emberi életet is követelnek (2.14. ábra, 2.15. ábra). Csepegve, sűrű fekete füsttel égnék. Az égésük során felszabaduló füst nem csak mentést gátolja, de mérgező is. A szén monoxid és dioxid mellett hidrogén-bromidot és hidrogén-cianidot tartalmaz [13].



2.11. ábra: Polisztirol gyöngyök [14]



2.12. ábra: Expandált polisztirolhab [15]



2.13. ábra: Extrudált polisztirolhab [16]



2.14. ábra: Lángoló EPS szigetelés Marosvásárhelyen [17]



2.15. ábra: Polisztirolhab hőszigetelés tüzeset után [18]

2.3. Hőszigetelő anyagok összehasonlítás tűzvédelmi szempontból

	Kőzetgyapot	EPS	XPS
Sűrűség [kg/m ³]	35	25	35
Hővezetési tényező [W/m*K]	0,035	0,039	0,035
Fajhő [kJ/kg*K]	0,84	1,46	1,46
Hőátbocsátási tényező [m ² /K]	0,35	0,72	0,69

A különböző anyagok tűzvédelmi összehasonlítása a hőtechnikai jellemzőinek, vagyis a sűrűségük, hővezetési tényezőjük, fajhőjük és hőátbocsátási tényezőjük összehasonlításával a legcélszerűbb.

A **sűrűség** megadja, hogy egy egységnyi térfogatú anyagnak mekkora a tömege. Ebből következtethetünk az anyag tömörségére, minél jobban kitölti az anyag a teret annál kevésbé ereszti át a hőt annál jobban ellenáll a tűzterhernek. Láthatjuk, hogy a kőzetgyapot és az XPS hőszigetelések sűrűsége azonos a három anyag közül ezek is a legellenállóbbak tűz esetén. Azonban az XPS esetén a tömörségéből származó előnyök az anyag rossz tűzállóképessége (megolvad) miatt nem kihasználható.

A **hővezetési tényező** az egységnyi hőmérséklet gradiens esetén az egységnyi keresztmetszeten átáramló hőáramsűrűséggel egyenlő. Ennek alapján megállapíthatjuk, hogy a kőzetgyapot és az XPS szintén azonos mértékben vezeti a hőt, azonos mértékben áll ellen a hőnek, míg az EPS sokkal jobban vezeti a hőt. Az XPS esetében az anyag éghetősége okozza a rossz tűzállóképességet.

A **fajhő** azt adja meg, hogy mennyi hőt kell közölni az anyaggal a hőmérsékletének egy kelvinnel való emeléséhez. A kőzetgyapot fajhője 0,84 a EPS-é és az XPS-é pedig 1,46. Vagyis a kőzetgyapot könnyebben felmelegszik.

A **hőátbocsátási tényező** az egységnyi felületen áthaladó hőáram amennyiben az anyag két egymással szemközti felületével érintkező közegek hőmérsékletkülönbsége egységnyi nagyságú. Ebből következőleg a kőzetgyapot 0,35-ös tényezője összehasonlítva az EPS 0,72-es és az XPS 0,69-es tényezőivel messze a legjobb anyag hőszigetelés szempontjából, hiszen hiába melegszik a kőzetgyapot gyorsabban (ezt a fajhőből látjuk) mégis kevésbé vezeti át a hőt egyik oldaláról a másikra. Tűzállóság szempontjából a kőzetgyapot azért lesz a legjobb, mert nem éghető anyag (A1 besorolású), míg a műanyaghabok éghetőek (D besorolásúak).

3. Kísérleti terv

Kísérleteink során fa beton és acél testek tűzállóságát vizsgáltuk. Különböző hőszigetelő anyagokkal és gipszkartonnal ellátva így modelleztük a leggyakrabban előforduló szerkezeti anyagok viselkedését kiegészítő tűzvédelemmel ellátva. Mind a három anyagot azonos feltételek mellette teszteltük.

Gipszkarton típusa	Hőszigetelés típusa				
	Kőzetgyapot		EPS	XPS	
	Vizsgált szerkezeti anyag				
Normál	Fa	Beton	Acél		
Tűzálló	Fa	Beton	Acél	Beton	Beton

Tűzálló valamint normál gipszkarton dobozokat készítettünk 20x20x40-es méretekben (3.1. a,b ábra) Az oldallapokat belülről „L” profilok és csavarok segítségével fogtuk össze, majd az élek mentén lévő réseket vízüveg és samott liszt keverékével kitöltöttük, (3.2 ábra) hogy meggátoljuk a hő beáramlását. Ez azért volt fontos, mert amennyiben a réseken beáramlik a hő akkor a hőszigetelő anyagot közvetlen éri a hő és így a tesztek során a különböző gipszkartonok szigetelőképességére vonatkozólag nem tudunk volna következtetéseket levonni. A dobozokat különböző hőszigetelésekkel: kőzetgyapottal, EPS-el és XPS-el láttuk el, és ezek után helyeztük bele a próbatesteket (3.3. a,b,c ábra). Mielőtt a laborban lévő kemencébe helyeztük a próbadobozokat, a kemencében és a dobozban egy K-típusú köpenyhőelemes hőmérséklet szenzort raktunk. A kemencében a hőmérsékletet a szabályos tűzgörbének (magasépítési épületekben uralkodó tűz) megfelelően növeltük. A biztonságos kísérlet érdekében a kísérletet 480°C-ig végeztük illetve az EPS és az XPS esetében 250°C-ig (félő volt, hogy ezek az anyagok megolvadnak és tönkreteszik a hőelemet). A hőmérsékletváltozást 5 percenként regisztráltuk. A határhőmérséklet elérése után a kemencét leállítottuk, kivettük a próbadobozt és megvizsgáltuk a próbatesteket.



3.1. ábra

a, összecsavazott próbadoboz belseje

b, a kész doboz



3.2. ábra: A samott liszt és vízüveg keverékkel lekent élű próbadoboz



a, a próbatest elhelyezése



b, a szigetelés a próbatest körül folytonos



c, a fedő kőzetgyapot szigetelés

3.3. ábra

4. Kísérleti eredmények

4. 1. Kőzetgyapot szigetelés

Elsőként a kőzetgyapot hőszigeteléssel ellátott dobozokat teszteltük. A 2.2.1. fejezetben ismertettük a kőzetgyapot tulajdonságait. Jelen fejezetben a kísérleti eredményeket mutatjuk be.

4.1.1.1. Szemrevételezés (normál gipszkarton, kőzetgyapot, fa)

A kísérlet során normál gipsz kartont alkalmaztunk kőzetgyapot szigeteléssel és fa próbatestet helyeztünk a dobozba.

A határhőmérséklet elérése után a kemencét leállítottuk és kivettük a próbadobozt. A doboz felületén a papír természetesen elszenesedett egyes helyeken teljesen le is égett, máshol ha meg is maradt elszínesedett (4.1. ábra). A papír leégésével a hő közvetlen érte a gipszet.



4.1. ábra: A tűzterhelés által okozott külső sérülések

A doboz egyik oldalán egy az oldallap teljes magasságán végigfutó tágas függőleges repedés keletkezett (4.2. ábra). A gipszkartonban lejátszódott a kalcináció folyamata a gipszből anhidrid keletkezett. A gipsz kristályrácsa közül távozó víz nyomása pedig szétrepesztette az anyagot. A repedés körül sem sértetlen gipszkarton lemez.



4.2. ábra: A függőleges repedés

A hőmérséklet hatására több apróbb repedés, jelent meg a gipsz lemezen (4.3. ábra). Ezek a repedések is a távozó vízgőz nyomásának tudhatóak be. A dehidratáció után visszamaradt porszerű anhidrid szilárdsága töredéke a gipszének önsúlyát is nehezen bírja. A szemrevételezés során az égett lemez könnyen törik, mállik a legkisebb mechanikai hatásnak sem képes ellenállni. A doboz fedelét sem tudtuk egy darabban eltávolítani, a fedő kőzetgyapot szigetelés eltávolításakor a doboz oldal letört (4.4. ábra).



4.3. ábra A gipsz hálós repedései



4.4. ábra: A roncsolódott próbadoboz

A doboz belső részében a kőzetgyapot, mivel nem éghető anyag, így az csak részleges sérüléseket mutat (4.5. ábra). A sérülések csak felületi elszíneződések, ami a leégő papírból és az égésnek indult fából származik, nem tapasztaltuk, hogy a szigetelés szálszerkezete sérült, megolvadt volna. A sérülések nagy része a szigetelés belső részére koncentrálódik. Ahogy vártuk a fa próbatest pirolízise 100-200°C-on elindult majd a hőmérséklet emelkedésével ez egyre fokozódott a felszabaduló éghető gázok a lánglobbantak ezek a lángot okozták a kőzetgyapot elkormozódását. Tehát a szigetelés maga tovább bírja a hőterhet mint az általa szigetelt anyag!



4.5. ábra: A doboz belseje

A fa szelvény felületét a hőbomlás hatására faszénkéreg borítja a jól ismert négyzetes-hálós szerkezetben (4.6. ábra). Az égés hatására a felületről levált a faszén, így a keresztmetszete csökkent. A fa ragasztott fa volt. Érdekes megfigyelni, hogy a szenesedés a test egyik felére koncentrálódik a két felületrész határa éles jól elkülöníthető és egybeesik a ragasztásos eljárás során összekapcsolt két deszka határával (4.7. ábra). A fa építőelemek ilyen viselkedése előnyökkel járhat tűz esetén, tovább tudják viselni a terhet mint ha egyenletesen égne a teljes keresztmetszet.



4.6. ábra: Az elszenesedett próbatest



4.7. ábra: Különbözőképp viselkedő két fa anyag

A belső „L”- alakú profilok is elszíneződtek, mivel a fémkapcsoló elemek a hőt is könnyen felveszik, ezért ezek a doboz szigetelésének a gyenge pontjai. A csavarok bevezetik a hőt a gipszkartonba, ezáltal a gipsz a forró csavarok környezetében gyorsan átalakul és a csavarozott kapcsolatok szétesnek (4.8. ábra). Ugyanazt a jelenséget figyelhetjük meg mint a különböző fém szeg és szegező lemezekkel összekapcsolt faelemek esetében, ahol a fém környezetében meggy tönkre a fa habár a tartó többi része még bírná a tűzterhet. Tehát ezeknek a kapcsolatoknak a helyes kialakítása kardinálisan nagyon fontos.



4.8. ábra: A sérült csavarozott kapcsolatok

4.1.1.2. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, kőzetgyapot, fa)

A második égetett doboz tűzálló gipszkarton volt fa próbatesttel és kőzetgyapot hőszigeteléssel. A doboz a gipszkarton típusán kívül mindenben megegyezett az első kísérletben szereplő dobozzal.

A jobb hőszigetelő képességet kihasználva a hőmérsékletet itt magasabbra emeltük. Már a kemence felnyitása után jól látszott, hogy a gipszkarton izzik, de nem természetesen nem ég (4.9. ábra). A gipsz teljesen dehidratálódott az anhidrid hőmérséklete pedig úgy megemelkedett, hogy felizzott.



4.9. ábra: Az izzó oldallapú gipszkarton doboz

A doboz teteje a kiemelés közben megsérült. A dobozból jól láthatóan lángnyelv is kicsapott, tehát a fa lángolva égett (4.10. ábra).



4.10. ábra: Az égő próbatest

A szigetelés ebben az esetben is elszíneződött, ennek mértéke itt jelentősebb hisz a fa jobban égett. Jól látható az is hogy a kőzetgyapot elszíneződése csupán csak a fa füstjéből származik, hiszen a próbatest alatti szigetelés kevésbé változott, mint ami a tetején volt (4.11. ábra).



4.11. ábra: Az elszíneződött szigetelés a próbatest alatt illetve felett

A fa teljesen elszenesedett (4.12. ábra), de nagyon jól látszik a próbatest végén hogy a fa keresztmetszeti csökkenéssel ég, így a teherbírása folyamatosan, egyenletesen csökken.



4.12. ábra: A csökkent keresztmetszetű próbatest

A tűzálló gipszkarton jobban szigetel, hisz ahogyan azt már fent kifejtettük az anhidridet a bennlévő szálak összetartják (4.13. ábra). Ezt a próbatoboz kiemelésekor is tapasztaltuk jól láthatjuk, hogy a doboz sokkal jobban bírja a mechanikai behatásokat, nem törik, mállik szét a legkisebb érintésre. Ez nagyban elősegíti azt, hogy a burkolat a nagy tűzterhelés hatására ellenében is a helyén maradjon. Azonban itt is megfigyelhető a rögzítésre szolgáló elemek tönkremenetelt gyorsító hatása, az anyagból könnyen kiszakadnak a csavarok (4.14. ábra).



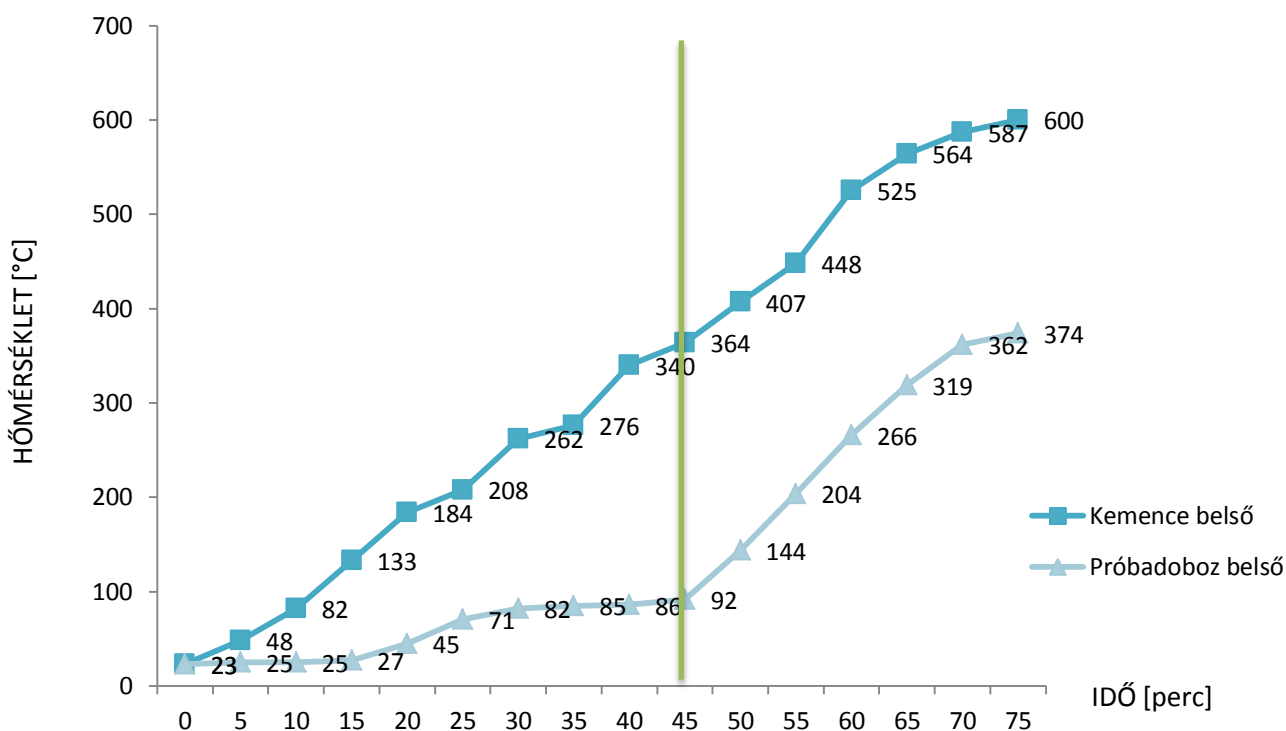
4.13. ábra: Az egyben maradt gipszkarton



4.14. ábra: A roncsolódott gipszkarton illetve a fém rögzítések kiszakadása az anyagból

4.1.1.3. A hőmérséklet alakulása

A kísérletek során mért értékekből diagramot készítettünk. Ezeken a diagramokon a kemencében illetve a próbatest felszínén mért hőmérsékleteket ábrázoltuk és hasonlítottuk össze.



4.15. ábra Normál gipszkarton, kőzetgyapot, fa hőmérséklete

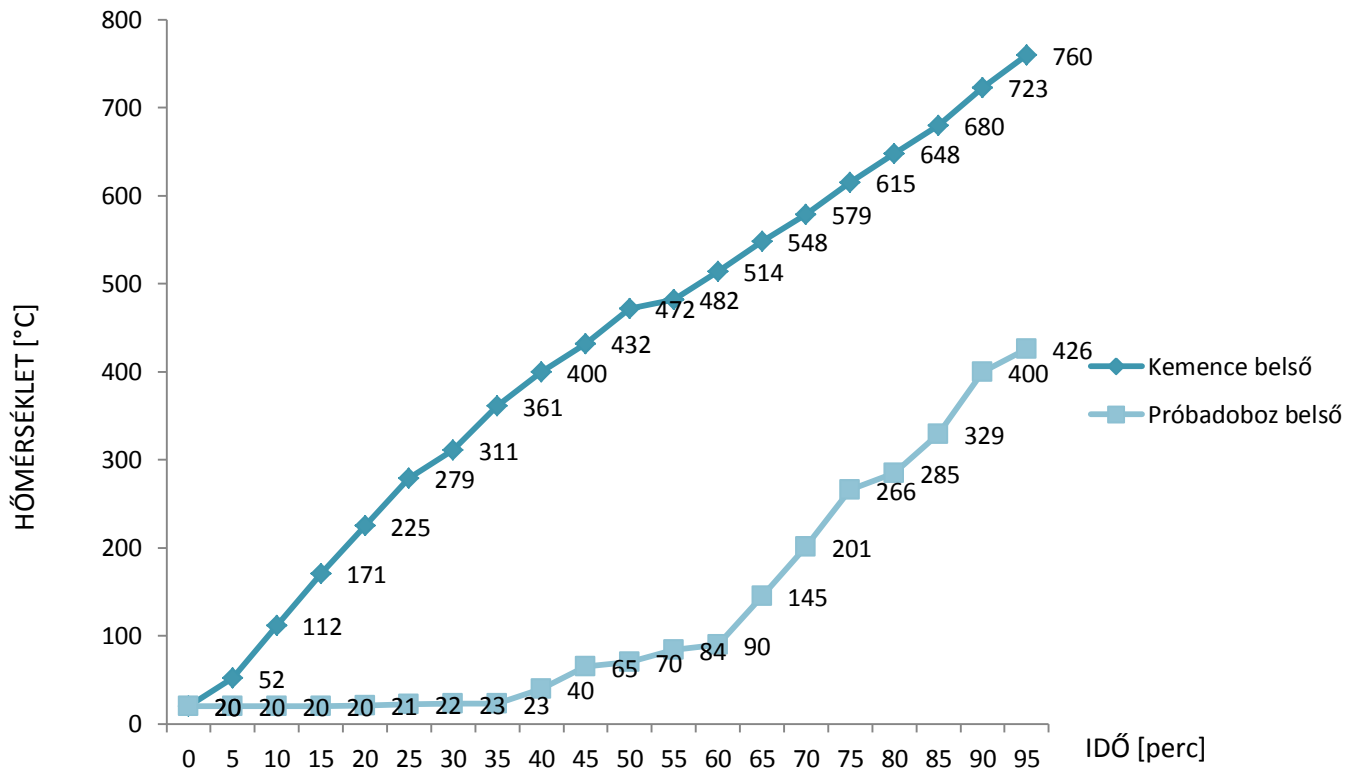
Az első diagramon (4.15. ábra) a normál gipszkartonból készült kőzetgyapottal és fával ellátott próbadoboz belsejében és a kemencében mért hőmérsékleteket adtuk meg. Megfigyelhető hogy a kemence belsejében és a próbadobozban egyenletesen emelkedik a hőmérséklet 135°C-os átlagos különbséggel. Az emelkedés nagyjából a 40-dik percig egyenletes. Negyven percnél akkor, amikor a doboz belseje 86°C-os a kemence hőmérséklete pedig 340°C-os doboz hőmérséklete is meredek emelkedésnek kezd. Ekkor a próbatest hőmérséklet mindegy negyede (25,29%) a kemence hőmérsékletének.

A kemence hőmérsékletének az emelkedése továbbra is egyenletes miként a próbatesté is, de az meredekebb átlagos különbségük 243 °C. A doboz belsejének rohamosabb hőmérséklet emelkedése annak tudható be, hogy ekkora a gipsz kalcinálódott (150-180 °C) az anhidrid átforrósodott repedések keletkeztek rajta így a hő jobban bevezetődött a próbadobozba. Illetve a fa hőmérséklete is elég közel került a 100°C-os határhoz ahol elindul a bennlévő víz távozása.

A hőmérséklet további emelésével a próbatest egészen 266°C-is melegegett ekkor kezd a próbatest felszíne parázslani, a belőle távozó gázok magas hőmérsékletüknél fogva

meggyulladnak. A kemence 525 °C ezen a ponton, vagyis a próbatest hőmérséklete mintegy a fele (50,66%) a kemencéének.

Tehát a normál gipszkarton és a kőzetgyapot szigetelés együttese a fa szerkezetek esetében nagyjából 330-350°C-ig jól szigetelnek.



4.16. ábra: Tűzálló gipszkarton, kőzetgyapot, fa hőmérséklete

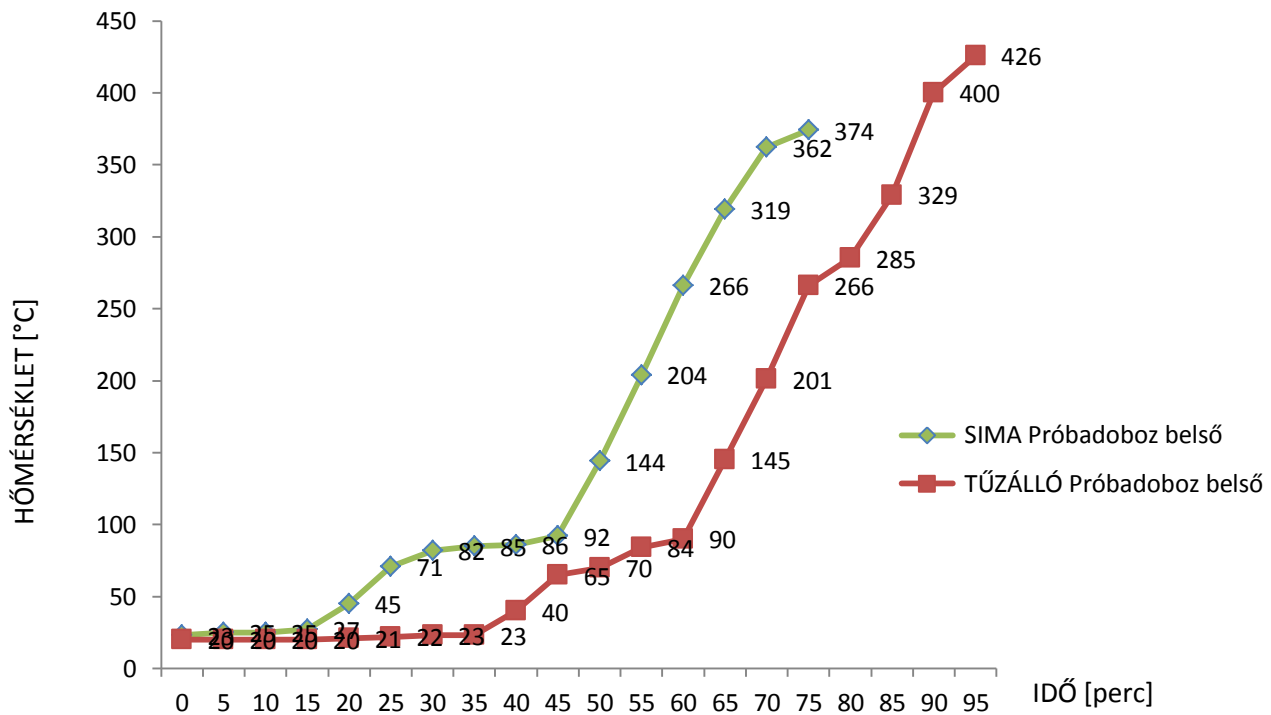
A második hőgörbén a tűzálló gipszkarton, kőzetgyapot és fa kombinációjával összeállított próbatest hőmérsékletének alakulását látjuk (4.16. ábra). Azonban ebben az esetben a doboz belsejének a görbét nem jellemzi a kemence hőmérsékletét követő emelkedés. Ezen görbe **három szakaszra bontható**:

Az **első szakasz** 0-35 percig közel „vízszintes” a doboz hőmérséklete alig emelkedik ez alatt a több mint fél óra alatt 20-ról 23-ra csupán 3 °C emelkedik a hőmérséklete.

A **második szakaszban** a 35-55 perc között a görbe meredekebb lesz. A 35-dik és a negyvenedik perc között, amikor a kemence hőmérséklete 361-ről 400°C-ra emelkedik a doboz belső hőmérséklete, 17°C-os hőmérsékletemelkedést produkál, vagyis 23-ról 40-re emelkedett a hőmérséklet.

A **harmadik szakasz** a 55-95 percig tart. Ebben a szakaszban a görbe meredeksége jelentősen megnő. A szakasz kezdetét jellemző 424°C-os különbség a kemence és a próbatest hőmérséklete között 334°C-osra vált. A doboz belsejének rohamosabb hőmérséklet emelkedése annak tudható be, hogy ekkora a gipsz kalcinálódott (150-180°C) az anhidrit

átforrósodott repedések keletkeztek rajta, így a hő jobban bevezetődött a próbadozba, illetve a fa hőmérséklete is elég közel került a 100°C-os határhoz, ahol elindul a bennlévő víz távozása.



4.17. ábra: A normál és a tűzálló gipszkarton görbéi egy koordináta rendszerben

Végezetül a normál és a tűzálló gipszkartonnal készült próbadozok egyesített hőgörbéit közöljük (4.17. ábra). Ezen ábrán jól láthatjuk a két szigetelés közti különbséget. Láthatjuk, hogy a tűzálló gipszkarton esetében a görbe jóval később éri el a fa pirolíziséhez szükséges 100-200°C-ot a normál gipszkarton esetében 45-50 perc alatt, míg a tűzálló esetében 65-70 perc kell hozzá. Azt is megfigyelhetjük, hogy a tűzálló gipszkarton sokkal tovább véd. Látható, hogy a tűzálló gipszkartonból készült doboz görbéje a 35-dik percig nem változik, míg a normál gipszkartonosé a 10. perc után emelkedni kezd. Az is kirajzolódik, hogy nagyjából ugyanabban az időben, amikor a normál gipszkarton esetében a görbe meredek emelkedésnek indul (40 perc) a tűzálló görbéje csak akkor kezd el emelkedni az addig szinte konstansnak tekinthető állapotból. Tehát 30 perccel növelhető a megfelelő gipszkarton kiválasztásával a tűzállóság.

4.1.2.1 Szemrevételezés (normál gipszkarton, kőzetgyapot, beton)

A következő vizsgálatot normál gipszkartonból készült dobozzal végeztük melybe kőzetgyapot szigetelést és egy 8x8x20-as beton próbatestet helyeztünk el. A határhőmérséklet elérésével kivettük a dobozt a kemencéből. Ebben az esetben is megfigyelhetők ugyanazok a nagyobb kisebb repedések (4.18. ábra) mint az előzőekben, illetve a papír ebben az esetben is leégett a gipszről (4.19. ábra).



4.18. ábra: A próbadohoz repedései



4.19. ábra: Égett papír a próbadohazon

Ezek a tágas repedések ebben az esetben is a kalcináció következményei és ebben az esetben sem segítették a próbatestet, a szerkezeti elem védelmét (4.20. ábra).



4.20. ábra: A gipszkarton repedései

Ami a kőzetgyapotot illeti itt is ugyan azt a jelenséget figyelhetjük meg mint az előzőekben. Maga az anyag nem sérült szálszerkezete nem változott csupán csak elszíneződött a papírból származó korom hatására (4.21. ábra). Ennek megfelelően itt a korom lerakódás a kőzetgyapot külsején jelentős, míg ez a fa esetén a próbatest felöli részén volt jellemzőbb (4.22. ábra).



4.21. ábra: Sértetlen kőzetgyapot rátapadt elszínesedett papírral



4.22. ábra: A papír felöli oldalán elszíneződött kőzetgyapot

A beton próbatest természetesen nem produkált olyan látványos változásokat, mint a fa, de itt is megfigyelhető a hő hatása. A beton pórusaiba zárt víz párologni kezdett, eltávozott a betonból ezzel magyarázható, hogy a kőzetgyapot eltávolítása után azt tapasztaltuk, hogy a beton felülete nedves (4.23. ábra) volt.



4.23. ábra: A nedves próbatest

4.1.2.2. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, kőzetgyapot, beton)

A tűzálló gipszkarton dobozunkba beton próbatestet helyeztünk melyet körbe kőzetgyapot szigeteléssel szigeteltünk.

A kísérletet ebben az esetben igen magas hőmérsékletig folytattuk, elértük a 933°C-ot. Ez azzal magyarázható, hogy nem kellett sem a próbatest lángra lobbanásától félnünk, illetve nem számítottunk a tűzálló gipszkarton teljes szétesésére sem. Az alábbi képeken jól látszik h a gipszkarton ilyen magas hőmérsékleten már teljesen kalcinálódott, felizzott és elvesztette az állékonyságát, saját súlyát sem bírja el a doboz. A legkisebb mechanikai hatással szemben sem tud ellenállni és szétesik (4.24. ábra). Nem is tudtuk egy darabban eltávolítani a kemencéből.



4.24. ábra: A szétesőben lévő próbadohoz

A gipszkartonon itt is jól megfigyelhetők az apró repedések és az, hogy a szálerősítés továbbra is egyben tartja az anyagot (4.25. ábra). Azonban ez a szálerősítés nem elég erős ahhoz, hogy ilyen tömegben képes legyen összetartani a lemezt. Tehát ekkora hőfok mellett már nem képes védelmet biztosítani.



4.25. ábra: Hálós repedések

A kemence hőmérséklete már majdnem elérte a kőzetgyapot olvadás pontját. Most már nem is tapasztaltuk, hogy a kőzetgyapot változásai elszíneződésekben merültek volna ki. A szálak elkezdtek összeesni, tömörödni, ahogy közeledünk az olvadásponthoz. Az oldalára kisebb gipsz darabok tapadtak (4.26. ábra).



4.26. ábra: Kőzetgyaptra tapadt gipsz

A kőzetgyapot valósággal szétesett a kemencéből való kiemeléskor, a szálak mintha elvesztették volna tartásukat. Olvadásuk még nem indult meg de az összetapasztásukhoz használt üvegyantában és más kemikáliákban már minden bizonnyal elindultak a kémiai változások.(4.27. ábra). Azt is láthatjuk, hogy a kőzetgyapot megbarnult ebben az esetben nem a környezetében lévő anyagok kormozásáról, hanem magában az anyagban végbemenő változásokról beszélhetünk.



4.27. ábra: Az elszíneződött és tartását vesztett kőzetgyapot

A kísérlet során a beton próbatest is elérte a 379°C-t, ekkor már nem csak a pórusaiban lévő víz távozott, hanem elindult a kémiaailag kötött víz távozása is. Így a felületén víz jelent (4.28. ábra) meg. Valamint néhol elszíneződött, de ezt a rátapadó kőzetgyapotot is okozhatta (4.29. ábra) ez is bizonyítja, hogy itt már a kőzetgyapotban komolyabb kémiai folyamatok is lezajlottak.



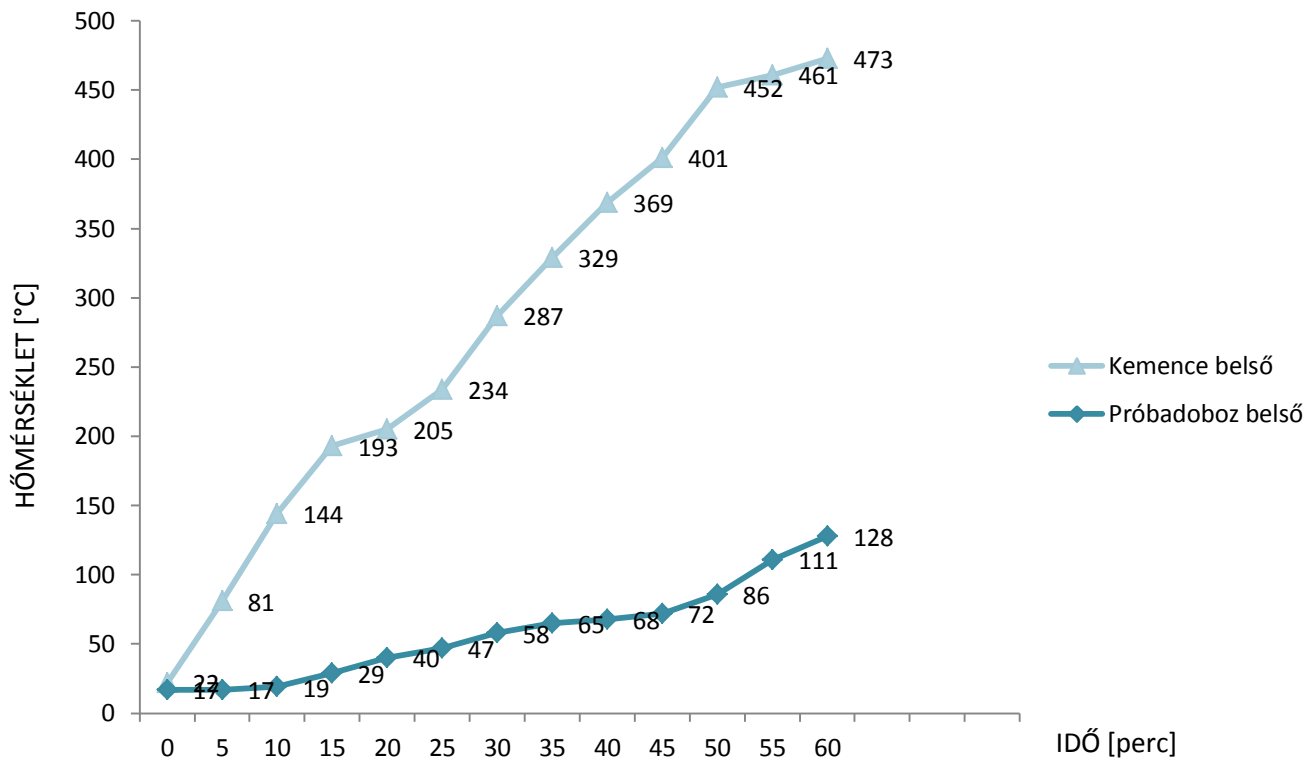
4.28. ábra: A nedves felszínű beton



4.29. ábra: Az elszíneződött beton

4.1.2.3. A hőmérséklet alakulása

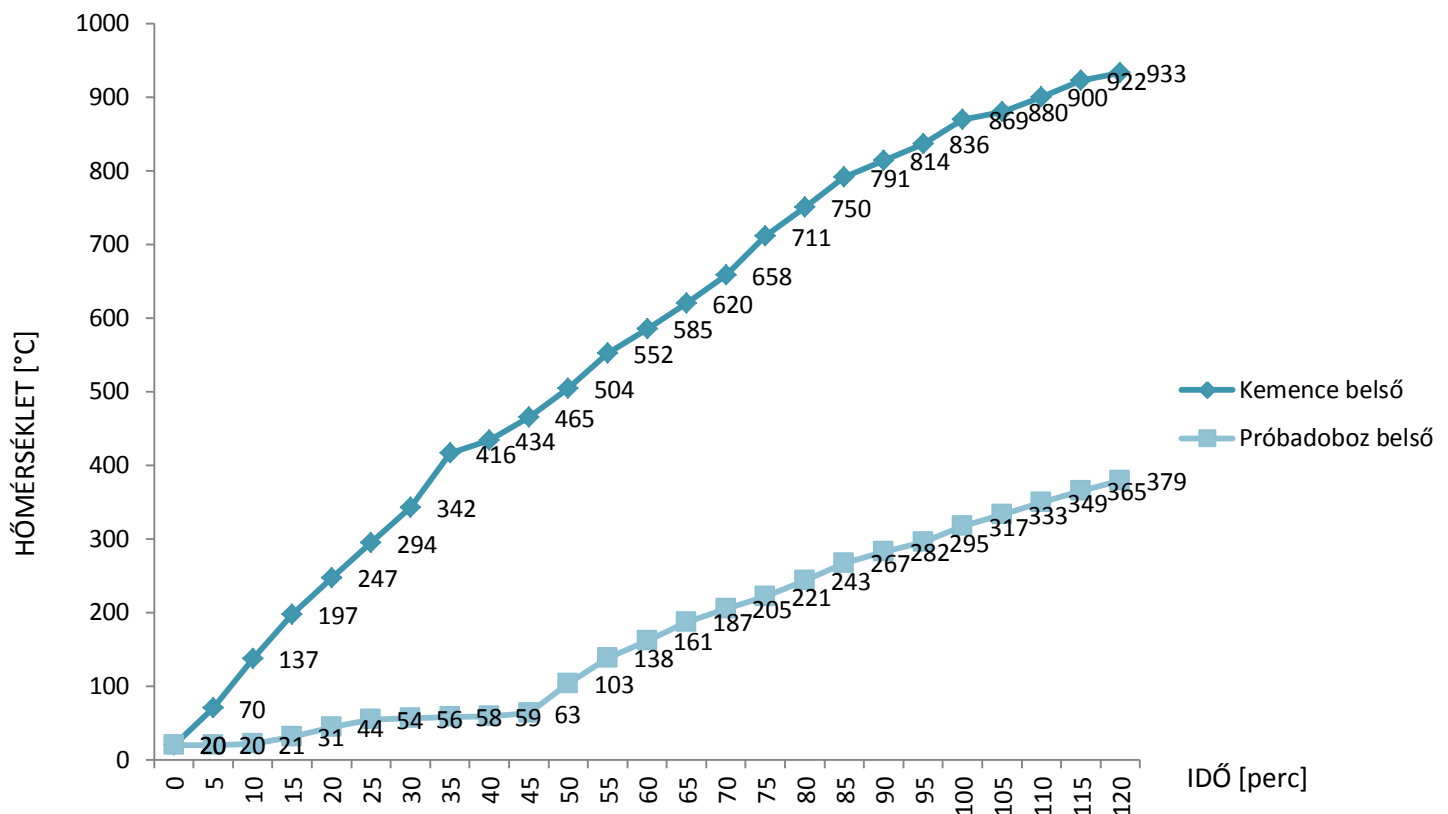
A mért adatokból ebben az esetben is táblázatokat készítettünk a vizsgálat érdekében.



4.30. ábra: Normál gipszkarton, kőzetgyapot, beton hőmérséklete

Elsőként a normál gipszkartonból, kőzetgyapotból, betonból álló próbadoz görbéit közöljük (4.30. ábra). A két görbe emelkedése egyenletes, ütemes. Nem láthatunk egyiknél sem nagyobb ugrásokat, úgy ahogy a fa esetében láttuk. Ez a beton anyagi tulajdonságainak köszönhető. Lassabban melegszik fel illetve felmelegedése során nem produkál olyan intenzív exoterm reakciókat, mint a fa. Ezzel magyarázható a beton görbéjének állandósága.

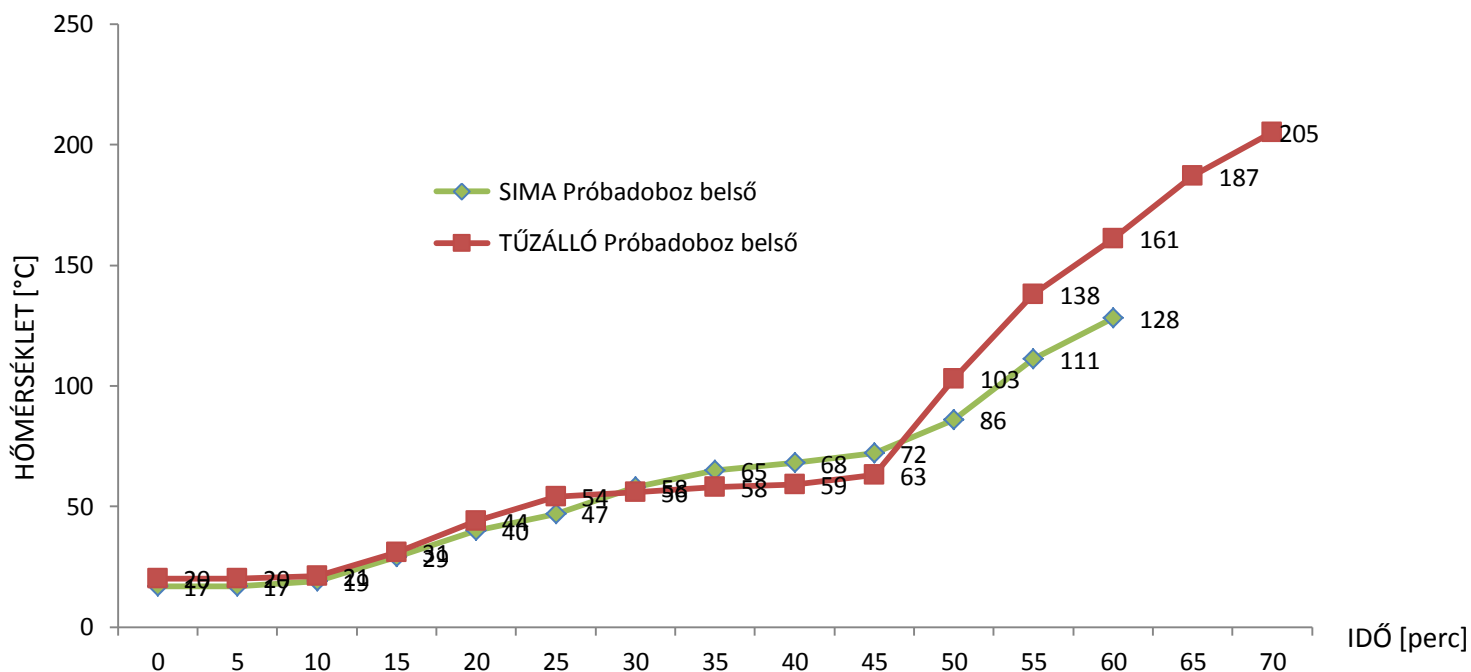
A első 10 percben nem növekszik a hőmérséklet a próbadoz belsejében. Ezt követően viszont szépen – fokozatosan átmelegszik a rendszer. A 45-dik percben tapasztalhatunk meredekebb növekedést, ekkor a próbatest 68°C-os, ami nem kritikus hőmérséklet a beton esetében. Viszont a kemence elérte a 369°C-ot, ami viszont a többszöröse a gipsz kalcinációjához szükséges hőmérsékletnek, így gyanítható hogy a teljesen kalcinálódott és így a hőt kevésbé visszatartani tudó gipsznek tudható be ez a növekmény.



4.31. ábra: Tűzálló gipszkarton, kőzetgyapot, beton hőmérséklete

A fenti ábrán (4.31. ábra) a tűzálló gipszkarton és a beton esetét láthatjuk. A görbe hasonló az előzőhöz az első 10 percen itt sem figyelhetünk meg változást a doboz belsejében. Azonban a tizedik perctől fokozatosan átmelegszik a rendszer, és ugyan olyan lassan emelkedő, lapos görbe következik, mint a normál gipszkarton esetében láttuk. Viszont ez a görbe jóval hosszabb, míg a normál gipszkartonnál egy fél órás periódust addig a tűzállónál háromnegyed órát ölel fel ez a szakasz. Ezen a szakaszon az átlagos hőmérséklet különbség 199°C.

Ezt követően ugyan úgy, mint az előzőekben a 40-45-dik percnél észleljük a görbe meredekebb emelkedését, ekkor a próbadoboz belső hőmérséklete (63 °C) 13,55 %-a a kemencéjének (465 °C). Innentől kezdve a próbadoboz görbéje nagyjából azonos meredekséggel emelkedik a kemence görbéjével. Ez arra utal, hogy a kőzetgyapot és a gipszkarton védelme a hőmérséklet növekedtével fokozatosan épült le és fokozatosan hagyta a próbatestet felmelegedését. Természetesen itt sem tapasztalhatunk a fáéhoz hasonló intenzív hőbomlást így ez a görbe is mentes a hirtelen változásoktól.



4.32. ábra: Normál és tűzálló gipszkarton görbéi egy koordináta rendszerben

A fenti diagramon a normál és a tűzálló gipszkartonból készült betonos próbadozók belső hőmérsékletének alakulását láthatjuk (4.32. ábra). Itt jobban megfigyelhető, amit fent már vázoltunk, hogy a különböző görbeszakaszok egybe esnek. Ugyanakkor kezd el emelkedni a két dobozban a hőmérséklet és ugyanakkor indul meredek emelkedésnek is. A görbe átfordul, ugyan de ez a kemencének tudható be, a tűzálló gipszkartonnál végzett mérés során valamivel gyorsabban melegedett. Vagyis a tűzálló gipszkartonos doboz magasabb belső hőmérséklete csupán csak a magasabb külső hőmérsékletre utal. Vagyis a szigetelés nem hatékony beton esetén, teljesen mindegy mit alkalmazunk, nem lesz hatékony, az eredmény ugyanaz, a szigetelés előbb megy tönkre, mint az anyag.

4.1.3.1. Szemrevételezés (normál gipszkarton, kőzetgyapot, acél)

A soron következő kísérletünk a normál gipszkarton kőzetgyapot, acél próbadoboz volt. A kísérletek során egy 20 cm hosszúságú zárt acél próbatestet helyeztünk el a kőzetgyapot szigetelésbe. A doboz kemencéből való kiemeléskor itt is az eddig már megszokottakat tapasztaltuk: leégett papír, repedezett gipsz (4.33. ábra)



4.33. ábra: Leégett papír, repedezett gipsz

A szálak ebben az esetben sem sérültek a kőzetgyapotban csupán csak elszíneződtek (4.34. ábra).



4.34. ábra: Elszíneződött kőzetgyapot

A gipsz dehidratációja ebben az esetben is lezajlott. A gipszkarton lemez elvesztette állékonyságát, így nem képes ellenálni a mechanikai hatásoknak, ünsúlyát is nehezen viseli (4.35. ábra).

Ami pedig magát a próbatestet illeti, ilyen alacsony hőmérsékleten nem zajlanak le kémiai folyamatok az acélban csupán csak kitágul. Így azon nem tapasztalhattunk semmi „rendkívülit”.



4.35. ábra: Roncsolódott gipszkarton

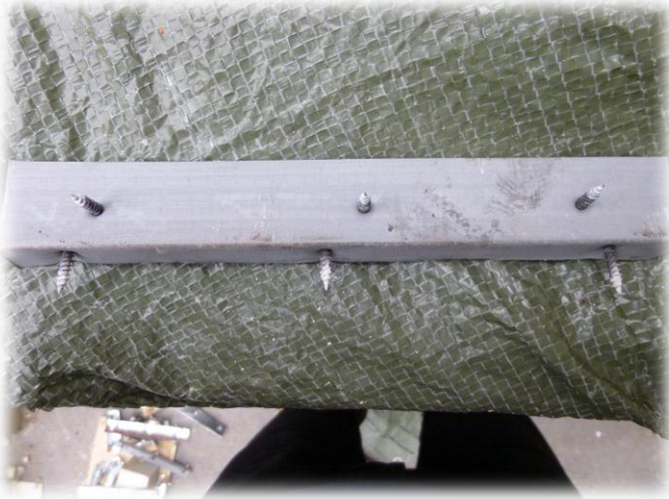
4.1.3.2. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, kőzetgyapot, acél)

Követve az eddigi tematikát most a tűzálló gipszkarton a kőzetgyapot és az acél vizsgálata következik. Itt is ugyan azt tapasztaltuk, mint az eddigiekben. A papír elszenesedett leégett a gipszről, a gipsz maga berepedezett. A kőzetgyapot a gipszkarton felőli oldalán az égő papír hatására elszíneződött ugyan, de számottevő károkat nem szenvedett (4.36. ábra). A próbatest pedig természetesen ebben az esetben is sértetlen.



4.36. ábra: Sértetlen, de elszíneződött kőzetgyapot

A dobozok hőszigetelő képességének összehasonlításaként érdemes megfigyelni a bennük alkalmazott rögzítő elemeket. Míg a normál gipszkarton dobozoknál szemmel látható változások mentek végbe az „L” profiloknál (4.37. ábra). Bemattultak, fényüket veszítették. Addig a tűzálló gipszkartonos dobozok esetén ezt nem tapasztalhatjuk, a profiluk fényesek, „szinte újak” (4.38. ábra).



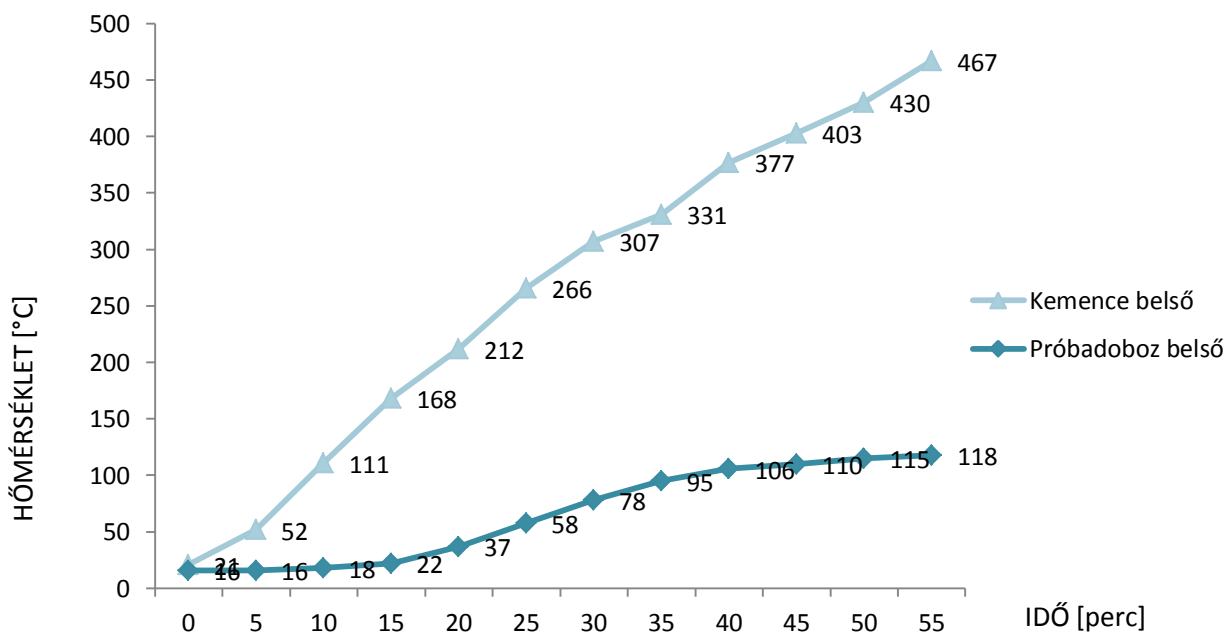
4.37. ábra: Tűzálló gipszkarton doboz rögzítő eleme



4.38. ábra Normál gipszkarton doboz rögzítő eleme

4.1.3.3. A hőmérséklet alakulása

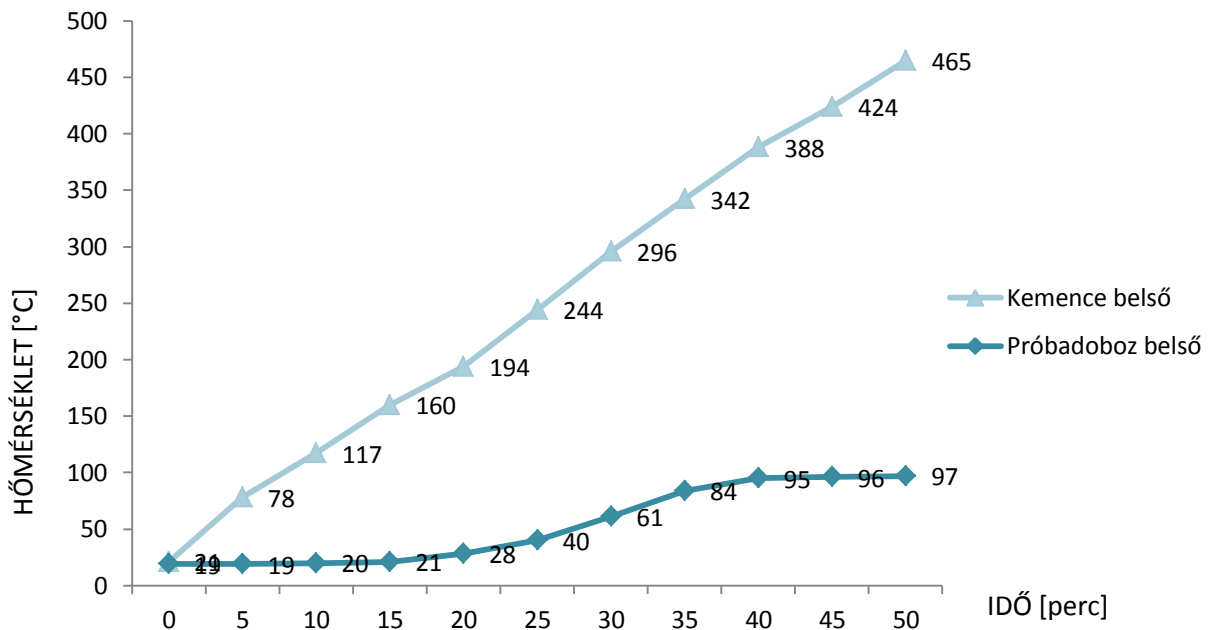
Most pedig lássuk a különböző kombinációjú próbadobozok diagramjait.



4.39. ábra: Normál gipszkarton, kőzetgyapot. acél hőmérséklete

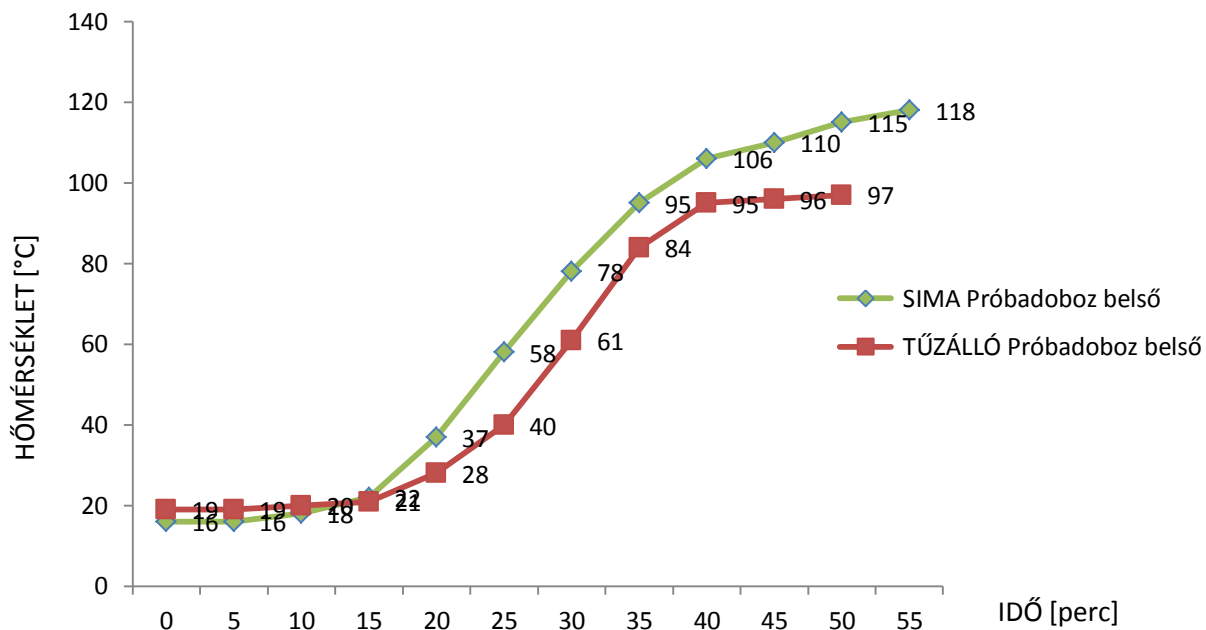
A fent diagramon (4.39. ábra) láthatjuk a normál gipszkartonos tesztnél a próbadohoz belsejének és a kemence hőmérsékletének az alakulását. Itt is jelentkeznek az a 10 perces szakasz, amikor a belső hőmérséklet nem változik. majd a rendszer fokozatosan átmelegszik. Ezek után pedig az acél hőmérséklete a kemencével együtt fokozatos emelkedésnek kezd.

Ebben az esetben sem tapasztalhatók nagyobb változások a görbéken. A 40-dik percben a belső hőmérséklet 28,11% a kemencéjének az 55-dik percben pedig 25,16%. Tehát a két hőmérséklet különbsége mind inkább változik, közelednek egymáshoz. Ez a védelem mindinkább előrehaladó leépülésére utal.



4.40. ábra: Tűzálló gipszkarton, közetgyapot, acél

A tűzálló gipszkartonos doboz ábrája (4.40. ábra) követi azokat a trendeket, amit az eddigiekben a tűzálló gipszkartonok esetén tapasztaltunk. Az ábra elején van egy hosszú szinte konstans szakasz, amikor a hőmérséklet alig változik. Ez a szakasz jelen esetben 0- 20-dik percig tart, ekkor a belső hőmérséklet 13,12% a külsőjének Ezt követően viszont a görbe meredekebben kezd emelkedni, a gipsz mind inkább kalcinálódik, a rendszer mind inkább átmelegszik.



4.41. ábra: A normál és a tűzálló gipszkarton görbéi egy koordináta rendszerben

A normál és a tűzálló gipszkarton doboz összehasonlító diagramján kitűnik, hogy a normál gipszkarton görbéje hamarabb kezd emelkedni (4.41. ábra). A 10-dik percnél indul el, míg a tűzálló csak a 15-dik perc után kezd intenzívebb emelkedésnek. Ezt követően is a két görbe íve közel azonos csupán csak a normál gipszkartoné magasabban fut 18,55 %-kal magasabb a hőmérséklet, mint a tűzállónál az 50-dik percben.

4.2 Extrudált polisztirol szigetelés

A kísérleteink következő lépése az volt, hogy megvizsgáltuk egy másik gyakran használt hőszigetelő anyagot hasonló körülmények között miként viselkedik. A próbadozainkat extrudált polisztirolhab szigeteléssel és beton próbatesttel láttuk el.

Mindenekelőtt megvizsgáltuk magában egy EPS hasábot, hogy leteszteljük, mekkora hőmérsékleten kezd el megolvadni az anyag. Azt tapasztaltuk, hogy 40-50 °C körül az anyag elkezdi megolvadni (4.42. ábra) majd a hőmérséklet emelkedésével folyamatosan zsugorodni kezd. 75°C-on a összezsugorodás már igen jelentős, (4.43. ábra) ekkor leállítottuk a tesztet az anyag meggyulladásától félvén.

A teszt végeztével arra jutottunk, hogy a doboz belsejében nem hagyjuk sem az EPS sem az XPS esetén, hogy a hőmérséklet 80 °C fölé emelkedjen.



4.42. ábra: Az élei mentén zsugorodó EPS



4.43. ábra: Az összezsugorodott próbatest

4.2.2.2. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, EPS, beton)

A belső 61°C-os hőmérsékletet elérvén leállítottuk a kísérletet és kiemeltük a dobozt. Ekkor a kemence 260°C volt így jól látható hogy a gipszkartont nem érte kár (4.44. ábra). Habár a kalcináció már 180°C-on is jelentős ezt itt nem tapasztaljuk, vagyis amíg a papír le nem ég a kartonról és a hő nem éri közvetlen a gipszet az nem kalcinálódik.



4.44. ábra: Sértetlen gipszkarton

Az EPS elkezdett megolvadni az élei mentén, jelentősen deformálódott ragadóssá vált (4.45. ábra). Habár a belső hőmérséklet csak 61 °C volt a beton felülete mégis „izzadni” kezdett (4.46. ábra)



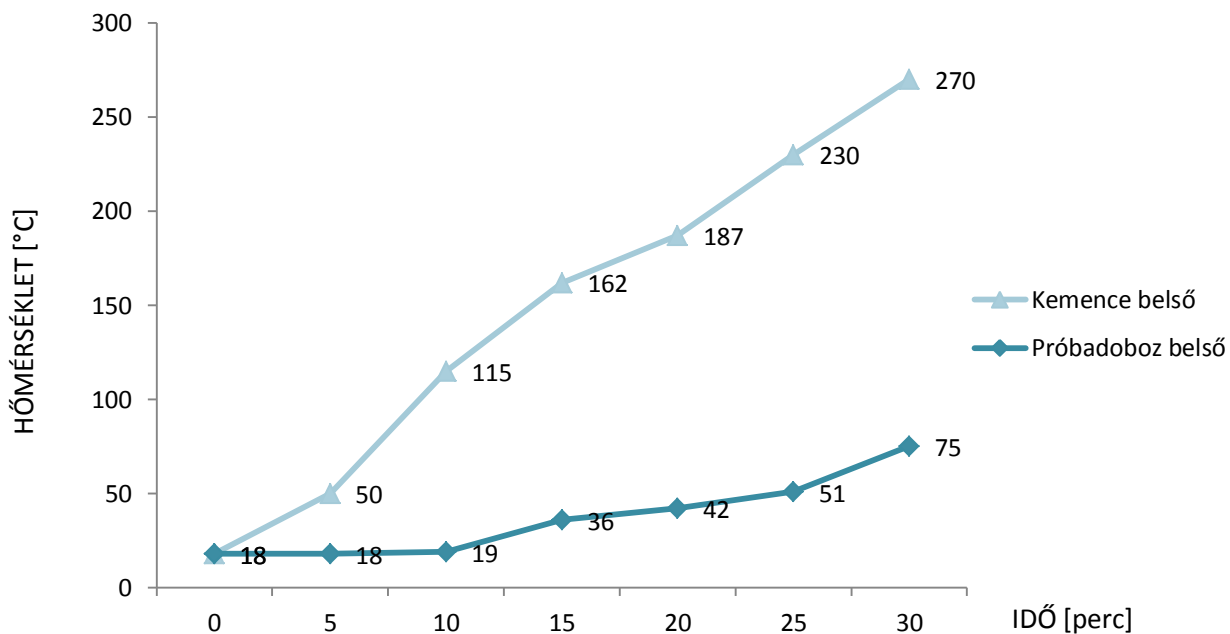
4.45. ábra: Megolvadt



4.46. ábra: Nedves felületű beton

4.2.2.3. A hőmérséklet alakulása

Az alábbiakban bemutatjuk a kemence és a próbadoboz belsejének hőgörbéit.



4.47. ábra: Tűzálló gipszkarton, EPS, beton hőmérséklete

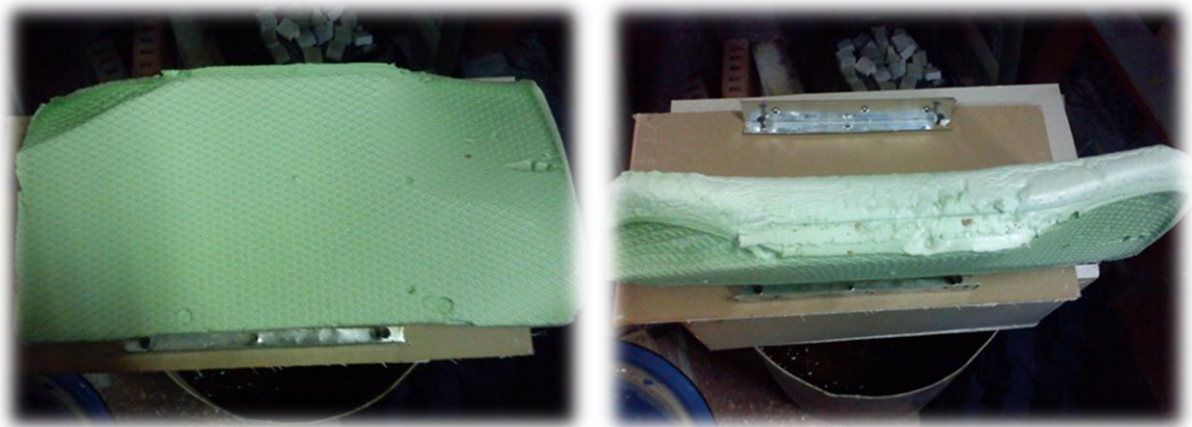
Ahogy az ábrán láthatjuk (4.47. ábra) itt is jelentkezik az a 10 perces szakasz, amikor a hőmérséklet nem változik ezt követően a 10-dik és a 15-dik perc között pedig csak kis emelkedést tapasztalhatunk. Ennek oka az $1,48 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ -es fajhő, vagyis az anyaggal nagyobb mennyiségű energiát kell közölni, mint pl.: a kőzetgyapottal a hőmérsékletének 1 K -el való emeléséhez. Ez végig látszik az két görbe viszonyán. Egymástól távol átlag 110°C -os különbséggel futnak. Tehát jól szigetel az EPS, nem a szigetelőképesége a gyengepontja, hanem az hogy azon a hőmérsékleten, amin a kőzetgyapot még elszíneződéseket is alig mutatott az expandált polisztirol már elkezdett megolvadni, megfolyni rohamosan közelített a gyulladáspontjához.

4.3. Extrudált polisztirol hőszigetelés

4.3.2.2. Szemrevételezés (tűzálló gipszkarton, XPS, beton)

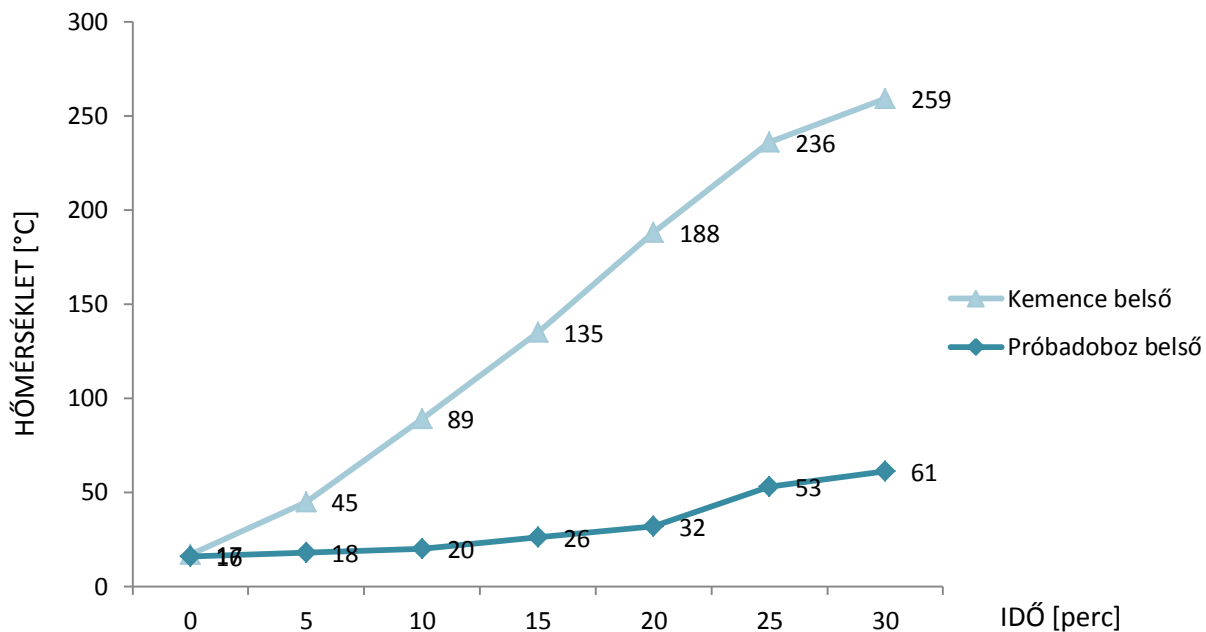
Az expandált polisztirollal végzett méréseket követően az expandált polisztirol következett. Analóg az előzővel itt is tűzálló gipszkarton dobozba helyeztünk el beton próbatestet. Csak ez esetben XPS szigeteléssel. A doboz belső hőmérséklete 75 °C volt a kivételkor, a kemencéjéé pedig 270 °C.

Itt is hasonló változásokat figyelhetünk meg, mint az EPS-nél. Az anyag az élek mentén indul változásnak öszeesik, olvad. Habár a gipszkarton itt sem károsodik a szigetelés maga mégis jelentős fizikai és kémiai változást szenved (4.48. ábra).



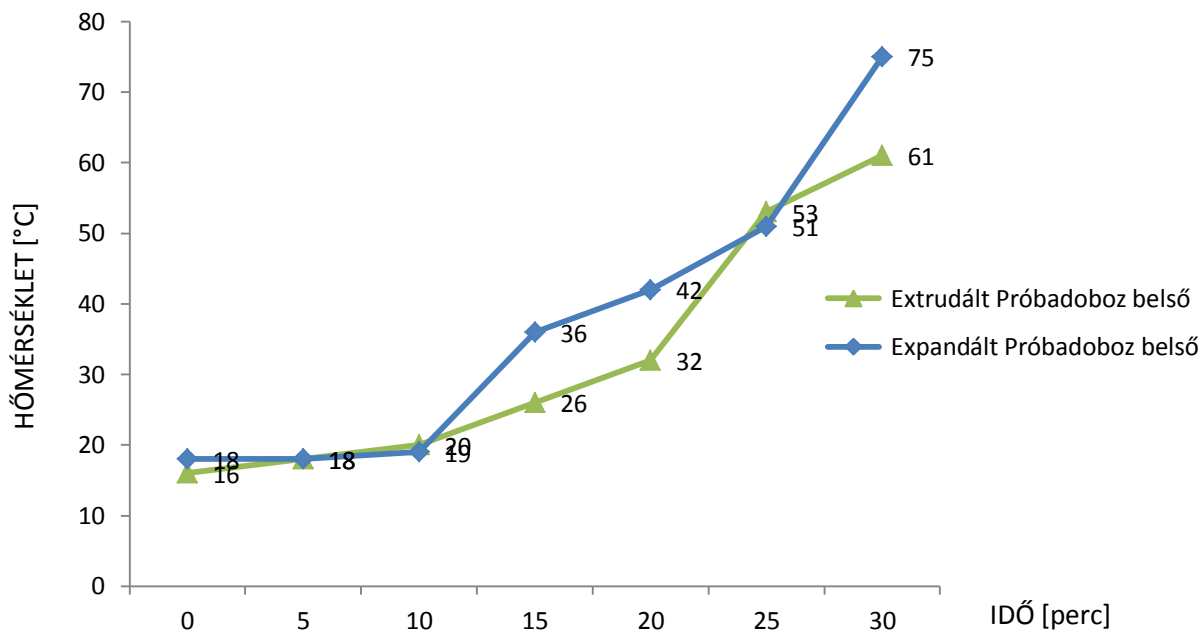
4.48. ábra: A megolvadt XPS szigetelés

4.3.2.3. A hőmérséklet alakulása



4.49. ábra: Tűzálló gipszkarton, XPS, beton hőmérséklete

Az expandált polisztirol esetén is hasonló görbét kaptunk, mint az extrudálnál. A görbének (4.49. ábra) itt is megvan a kezdeti 10 perces szakasza, amikor a hőmérséklet nem változik, majd ezt követően indul emelkedésnek. A két görbe egymástól távol fut átlagos hőmérsékletkülönbségük 106 °C. Itt is láthatjuk, hogy habár az anyag hatékony hőszigetelő nem képesek az ebből fakadó előnyei tűzvédelmi szempontból is kamatozni, mert az anyag megolvad, már viszonylag alacsony hőmérsékleten is.



4.50. ábra: Az EPS és az XPS görbéi egy koordináta rendszerben

A fenti diagramon (4.50. ábra) a kéttípusú polisztirolszigeteléssel ellátott doboz belső hőmérsékletének hőgörbéit láthatjuk. Megfigyelhető, hogy mind két anyagra jellemző a 10 perces hőmérsékletnövekedéssel nem járó szakasz. Ezek után a két görbe szétválik

A 10-dik perc után a két görbe emelkedni kezd. Ez az emelkedés az EPS-nél jóval magasabb, mint az XPS-nél. Ez a két anyag eltérő hőtechnikai tulajdonságaival magyarázható. Az XPS nagyobb sűrűsége alacsonyabb hővezetési és hőátbocsátási tényezőjével áll összefüggésben

5. Összefoglalás

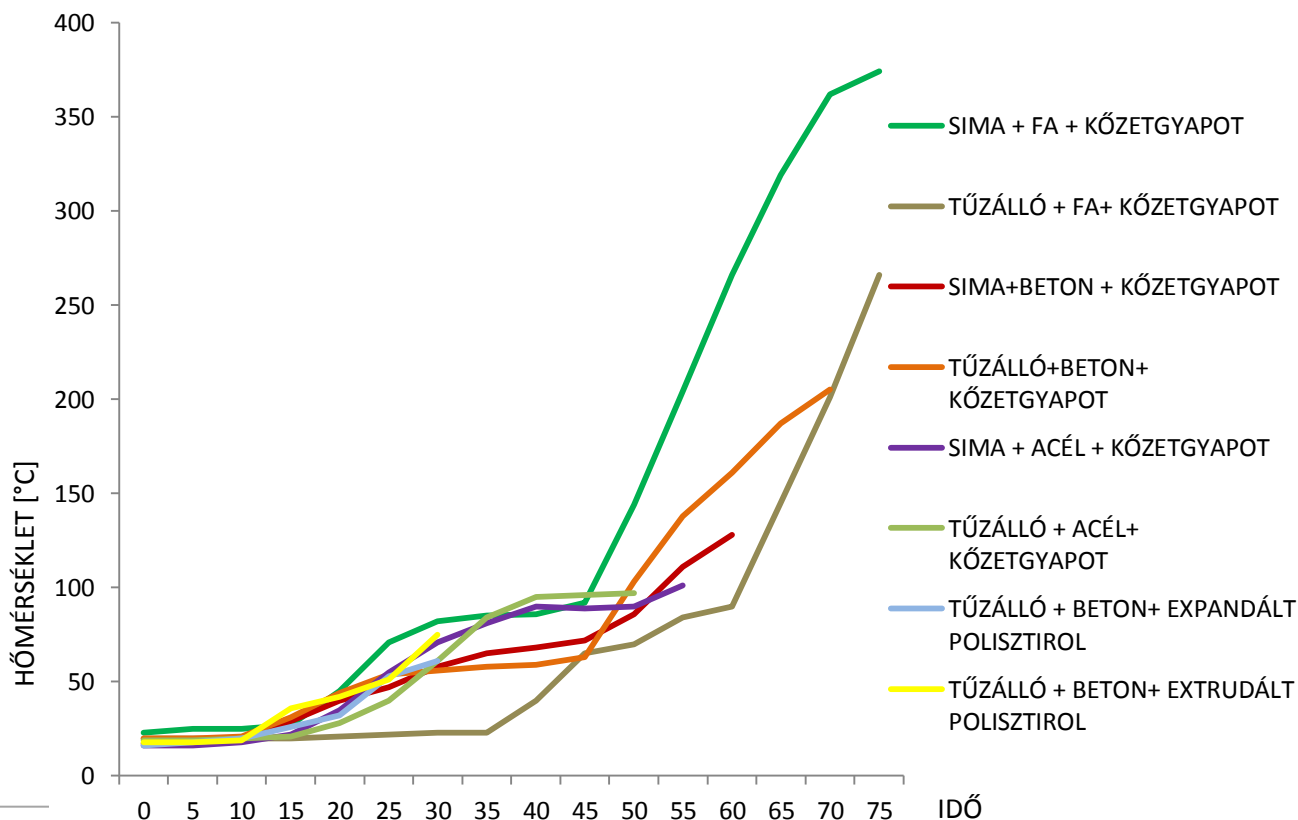
Napjainkban egyre nagyobb szerepet kap a tűzvédelem, hiszen építményeinkre az nagy kockázatot jelent a tűz, a hőmérséklet növekedésével az építőanyagokban végbenő kémiai és fizikai változások. A tűzvédelem célja, e káros hatásoknak, a tűznek a megelőzés, illetve ha már bekövetkezett, akkor a károk minimalizálása, az emberi élet védelme. A tűzvédelemnek három fajtája van a passzív tűzvédelem, az aktív tűzvédelem és az operatív tűzvédelem.

Dolgozatunk keretén belül a tűzvédelem passzív módjainak a lehetőségeit és annak hatékonyságát vizsgáljuk. Kísérleteink során a különböző építőanyagok (fa, acél, beton) tűz elleni szigetelési módjainak hatékonyságát vizsgáltuk. Az általunk alkalmazott szigetelő rendszer gipszkartonból (normál, tűzálló) és szigetelőanyagból (kőzetgyapot, polisztirolhab) állt.

Kísérleteink végeztével szeretnénk összefoglalni a tapasztalatainkat.

A mérések során remekül kirajzolódott a különböző anyagok, anyagkombinációk közötti különbségek (6.1. ábra). Láthatjuk, hogy messze a legjobb védelmet a kőzetgyapot biztosítja. Habár fajhője alacsonyabb az EPS-énél és az XPS-énél, sűrűsége is kisebb azonban magas olvadáspontjának köszönhetően jobban ellenáll a tűztehernek. Ez leginkább a 10-dik perctől kezdődő szakaszban észrevehető addig minden nemű szigeteléssel ellátott próbadohoz közel azonos módon viselkedik. A szigetelőanyagok hatékonysága a legjobban a fa estén volt megfigyelhető, hiszen a fa maga egy éghető anyag és az égésének a gyulladásának az időpontját módosította az alkalmazott szigetelő rendszer

Ami a gipszkarton szigetelést illeti, láthatjuk, hogy a különböző szerkezeti védelmek hatékonyságához nagyban hozzájárul azok tűzálló mivolta.



Summary

One of the most principal priorities of building material making was always to be able to create materials to easier use end cheaper produce. This simple stuff the plasterboard born at about 100 years ago with these principles, and it became a very important building material. Nevertheless these useful boards can't be use only as wall.

We have to protect bearing structures, such as steel and wood pillars again fire, because there bearing facilities decrease with the increasing of the temperature and waste of there transverse section. Plasterboard can also solve this problem. It is light so don't heighten structures' dead load still it can guarantee efficient protection than simple fireproof paints and soaks. Last but not least it's capable to hide structures aesthetic. That why we were studying the fireproof facilities of this material.

For our trial we made boxes from simple and refractory plasterboard end we heat them to 500 °C in a furnace. In the test boxes we put common thermal insulations and bearing materials. During our tests we monitored the temperature of the furnace and the inside of the boxes, and we took cognizance of the different plasterboards using with different thermal insulations fireproof capabilities

We use normal and fireproof plasterboard to make our test boxes for the trials. During our tests the fireproof drywall resist of fire much more better then the normal boards due to its fiber fixing. On the normal plasterboard big cracks arises while on the fire resist just thin ones. We tested rockwool EPS and XPS as an insulator material. On low temperature (the furnace temperature was at about 100 °C) the EPS and XPS was little better insulator then the rockwool. This difference is negligible because if the polystyrene's temperature reach 50 °C it gets shrink and melt. While rockwool is absolutely fireproof for 1000 °C and it can't burst into flames.

Our test bodies which imitated bearing structures was from wood, concrete and steel. The wooden stick of beam burst into fire when the box inner temperature reach 400 °C (then the furnace was 723 °C). On the surface of the concrete test body just some water condensed, there wasn't any other injure. The steel hollow section also didn't injure, but it well known if it reach its melting-point its lost bearing capability. Taken it all round our bearing structures covered with fireproof plasterboard and rockwool insulator stand against fire very well, because the fireproof drywall can be bear its dead load for 500 °C and it isn't tindery.

6. Hivatkozások

- [1] Balázs L. Gy, Horváth L., Kulcsár B., Lublós É., Maros J., Mészöly T., Sas V., Takács L., Vígh L., (2010) Szerkezetek tervezése tűzterherre az MSZ EN szerint (beton, vasbeton, acél, fa), Magyar Mérnökkamara Tartószerkezeti Tagozat (Oktatási segédlet), 79.o
- [2] BAZ megyei katasztrófavédelmi kirendeltség tűzoltóparancsnokság Ózd
- [3] Balázs L. Gy, Horváth L., Kulcsár B., Lublós É., Maros J., Mészöly T., Sas V., Takács L., Vígh L., (2010) Szerkezetek tervezése tűzterherre az MSZ EN szerint (beton, vasbeton, acél, fa), Magyar Mérnökkamara Tartószerkezeti Tagozat (Oktatási segédlet), 139.o
- [4] <http://www.vorterestoration.com/images/fire-room-500.jpg>
- [5] http://www.finehomebuilding.com/CMS/uploadedimages/Images/Homebuilding/Departments/021193wd108-01_med.jpg
- [6] http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/fire-resistant-gypsum-plasterboard-69699-1729985.jpg
- [7] http://dokutar.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/energia/2005/04/0408.pdf
- [8] Eurocode 5 – Design of timber structures Part 1-2: General – Structural fire design 3.4.3.2
- [9] Rigips: Válaszfalak és tételhatároló falak (műszaki adatlap)
- [10] http://www.epitesimegoldasok.hu/admin/data/file/621_rockwool3_2.jpg ,
http://www.epitesimegoldasok.hu/admin/data/file/619_rockwool3_3.jpg
- [11] http://guardwool.ru/uploads/posts/2010-02/1265893702_conlit12.jpg
- [12] <http://www.xn--hszigetels-j7a35j.com/habositott-hoszigetelo-anyagok/>
- [13] http://www.rockwool.hu/files/Common%20Design%20Elements/dealers/polisztiro1_hab_egheto.pdf
- [14] <http://www.bensiker.hu/style/eps.jpg>
- [15] http://www.fal-doktor.hu/wp-content/uploads/2011/11/polisztiro1_lemez2.jpg
- [16] http://img.diytrade.com/cdimg/935021/9204368/0/1243780744/Expanded_Polystryane_Foam_XPS_Pannel.jpg
- [17] http://www.szekelyhon.ro/pictures/vasarhely/aktualis/2012/06_julius/tuz_hoszigeteles_kovesdomb3_b.jpg
- [18] http://paneldoktor.hu/media/galleries/tuz_015.jpg