

NÖVÉNYI EREDETŰ ÉS SZERVETLEN HULLADÉKOK HASZNOSÍTÁSA GIPSKÖTÉSŰ LEMEZ-ÉS FORMATEST KOMPOZITOKBAN

Prof. Dr. TAKÁTS PÉTER CSc.

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
Fa-és Papíripari Technológiák Intézet
Lemezipari Tanszék

1. A KUTATÓMUNKA CÉLJA

2. A KUTATÓMUNKA MÓDSZERE, LEÍRÁSA

3. TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÉS AZOK HASZNOSULÁSA

- 3.1. Rostiszap tulajdonságok
- 3.2. Precipitált mészszipap karakterizálása
- 3.3. Gipsz alapanyagok jellemző tulajdonságai
- 3.4. Gipszkötésű lemezek és formatestek előállítás
- 3.5. Határfelületi jelenségek vizsgálata
- 3.6. Kísérleti munka összefoglalása

4. TÉZISEK

1. A KUTATÓMUNKA CÉLJA

Másodnyersanyag bázison kívántunk előállítani gipszkötésű rostlemez ill. formatest kompozitokat:

- Rostiszap, mészszipap és REA- ill. foszfor-gipsz felhasználásával optimális víz-gipsz tényező (w) és rost-gipsz tényező (x) kidolgozása mellett homogén lapszerkezet kialakítása,
- A fenti másodnyersanyagok lapgyártás szempontjából meghatározó jellegű tulajdonságainak vizsgálata,

- A gipszkötésű lemez-és formatesteknél a vázszerkezet és a kötési felület közötti kapcsolat vizsgálatát, különös tekintettel a határfelületre,

- Gipszkötésű rostlemez előállítására még nem alkalmazott gyártástechnológia kidolgozása és javaslat tétel a termék felhasználhatóságára,
- Új anyag- és energiatakarékos szervesen kötésű lemez-és formatest kompozit termékek kifejlesztése

2. A KUTATÓMUNKA MÓDSZERE, LEÍRÁSA

2.1. ELVÉGZETT FELADATOK

- Kutatómunkánk során általános, ugyanakkor konkrét esetre alkalmas probléma megoldására törekedtünk,
- Első lépésként a gipszkötésű rostlemez ill. formatestek céljára alkalmas alapanyagokat értékeltük a hazai adottságok figyelembevételével,
- Felmértük a hazai cellulóz- és papírgyári rostszap előfordulásokat mennyiségét és kiválasztottuk a legalkalmasabbnak ítélt rosttartalmú másodnyersanyagot

- Összehasonlító vizsgálat keretében meghatároztuk a rostszap és a gipszkötésű rostlemez előállítására már alkalmazott hulladékpapír hemicellulóz tartalmának összetételét különös tekintettel a gipsz hidratációjára gyakorolt hatására,
- Korszerű berendezésekkel meghatároztuk a rostszap jellemző tulajdonságait, alakítását és számítógépes adatfeldolgozással vizsgáltuk az elemi rostszálak dimenzionális értékeinek eloszlását,
- Páztázó elektronmikroszkóp (PEM) felvételek segítségével tanulmányoztuk a rostszap szerkezetét a gipszkartonlapok kartonborításának esetleges helyettesítése céljából is,

- Elvégeztük a precipitált mészszip karakterizálását, kvantitatív analízisét, elsőként alkalmazva a Röntgendiffrakciós módszerrel,
- Kristallográfiai szempontból PEM felhasználásával vizsgáltuk a precipitált mészszip szerkezetét,
- Kísérleti úton megállapítottuk a kutatás során felhasznált gipsz alapanyagok - természetes - (NAT), füstgáz- (REA), foszfor- (PHO), és stuck gipsz (STU) jellemző tulajdonságait a DIN EN1168 T.2, 7/1975 szabvány figyelembevételével,

- Lézeres szemcseanalizáló berendezéssel vizsgáltuk a különböző gipsz alapanyagok alakítását, szerkezetének eloszlását,
- Összehasonlító értékelő elemzést végeztünk a gipszkötésű rostlemezek céljára alkalmazott gipsz alapanyagok és precipitált mészszip között PEM-felvételek felhasználásával kristálymorfológiai szempontból.
- Laboratóriumi körülmények között előállítottunk nedves-, félszáraz-, „száraz”, gyártástechnológia alkalmazása mellett gipszkötésű rostlemezeket.

- Kidolgozásra került egy új rostfellazítási és rostkeverési technológia mely lehetővé tette szabadvíz adagolása nélkül is a gipszkötésű rostlemezek előállítását.
- Gipszkötésű rostlemezekon kívül formatesteket is készítettünk, melyek a tisztán gipsz alapanyagból készült formák ill. stukkók tömegénél nagyságrendekkel kisebb önsúllyal rendelkeznek és megfelelő önhordó képességgel bírnak

2.2. SZERVETLEN KÖTÉSŰ KOMPOZITOK ÉS FELÉPÍTÉSŰK

A szervesetlen kötésű kompozit termékek cement vagy gipsz mátrix rendszerbe ágyazott lignocellulóz-, esetenként anorganikus alapú részecskék, elemi rostszálak szilárd halmaza.

A szervesetlen kötésű kompozitok (lemezek, formatestek, építő blokkok) összességükben 30-90 % anorganikus kötőanyagot -un. mátrix részt- és 10-70 % fás részecskéket, elemi rostszálakat tartalmaznak vázszerkezetként.

2.3. KÖTŐANYAG, MÁTRIX RENDSZER

a.)Cement:

- portlandcement
- magnézia cement
- aluminátcement

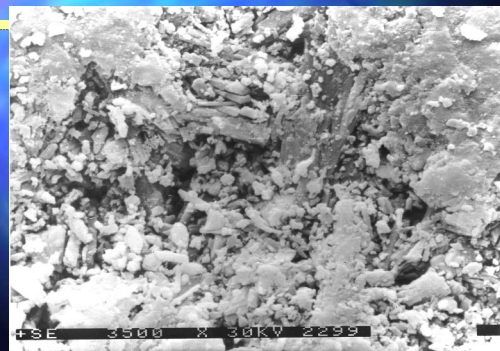
b.)Gipsz:

- természetes gipsz (NAT)
- füstgázgipsz (REA)
- foszforgipsz (PHO)
- stukkó (STU)

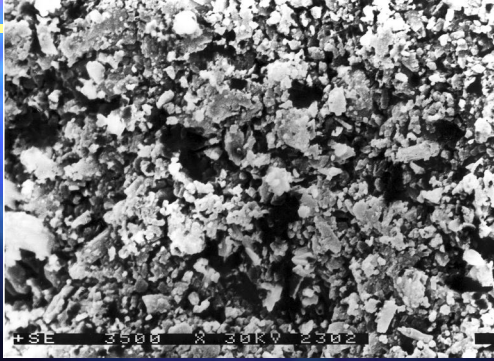
c.)Adalékanyag:

- mésziszap

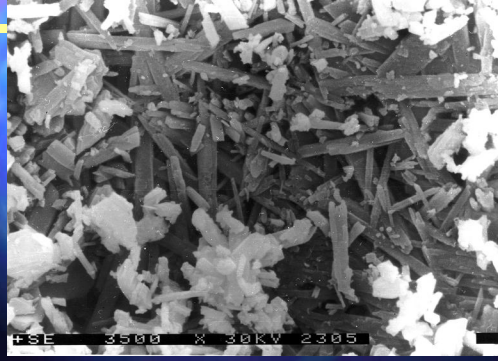
Naturgipsz (NAT) Nagyítás: 3500 x



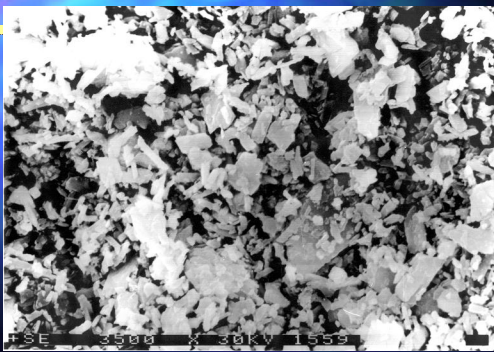
Füstgázgipsz (REA). Nagyítás: 3500 x



Foszforgipsz (PHO). Nagyítás: 3500 x



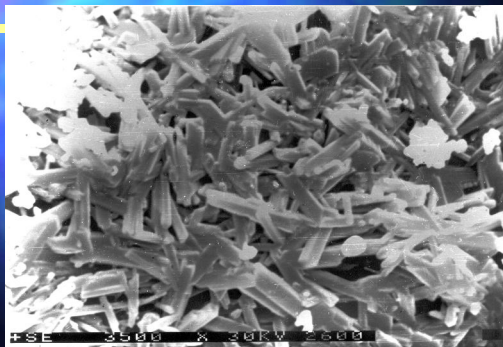
Stuck-gipsz (STU). Nagyítás: 3500 x



Precipitált mészszipa tárolása



Precipitált mészsizap. Nagyítás: 3500 x



2.4. SZILÁRDÍTÁST SZOLGÁLÓ VÁZSZERKEZET

- a.) Szerves:
- faapríték,
 - fagyapot,
 - faforgács,
 - farost,
 - hulladékpapír, cellulóz, rostiszap
 - egynyári növényi részecskék
 - szintetikus szálak
- b.) Szervetlen:
- üvegszál,
 - kerámiaszál,
 - fémszál,
 - ásványi gyapot

Rostiszap deponálása



Rostiszap rostfellátás előtt. Nagyítás: 70 x



3. TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÉS AZOK HASZNOSULÁSA

3.1. ROSTISZAP TULAJDONSÁGOK

3.1.1. Általános tulajdonságok

A rostiszap általános tulajdonságai

1. táblázat

Sz.	Megnevezés	Mennyiség
1.	Száranyagtartalom (%)	34,2
2.	Lignintartalom (%)	18,1
3.	Hamutartalom (%)	17,4
4.	Örléstök (SR)	68,0
5.	pH	6,4
6.	Zéta potenciál (mV)	6,5

3.1.2. Hemicellulóz tartalom meghatározása

Rostiszap és hulladékpapír hemicellulóz összetétele

2. táblázat

Sz.	Megnevezés	Rostiszap (%)	Hulladékpapír (%)
1.	Mannóz	2,6	10,6
2.	Arabinox	0,5	1,0
3.	Galaktóz	0,4	1,4
4.	Xylóz	8,7	6,0
5.	Glükóz	41,4	55,0
	Összesen	53,6	74,0
	Maradék	43,8	25,0

3.1.3. Rostiszap alakisága

Rostiszap hosszúságának, rost átmérőjének és karcsúsági fokának átlagértékei

3. táblázat

Sz.	Megnevezés	Rostfellazítás előtt	Első rostfellazítás után	Második rostfellazítás után	Hulladékpapír rostosítást követően
1.	Rosthosszság (mm)	$L_0 = 3,79$	$L_1 = 3,49$	$L_2 = 3,20$	$L_p = 6,43$
2.	Rostátmérő (mm)	$D_0 = 0,126$	$D_1 = 0,115$	$D_2 = 0,121$	$L_p = 0,175$
3.	Karcsúsági fok	$S_0 = 30,1$	$S_1 = 27,9$	$S_2 = 26,4$	$S_p = 36,7$

3.2. PRECIPITÁLT MÉSZISZAP KARAKTERIZÁLÁSA

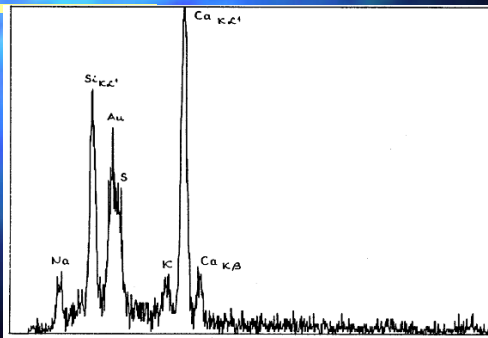
3.2.1. Precipitált mészszip elemi összetétele

Precipitált mészszip elemi összetétele plazmaemissziós spektrometria (ICP) módszerrel történő meghatározás esetén.

4. táblázat

Sz.	Megnevezés	Átlagérték
1.	pH	12,45
2.	Vezetőképesség (mS)	8,45
3.	Száranyagtartalom (%)	53,33
4.	Hamu (%)	50,51
5.	Ossz. N (mg / kg)	3,47
6.	Ossz. P (mg / kg)	1,21
7.	Ca (mg / kg)	387350,00
8.	Mg (mg / kg)	983,00
9.	Na (mg / kg)	11687,00
10.	Fe (mg / kg)	1304,00
11.	Mn (mg / kg)	39,00
12.	Al (mg / kg)	1105,00
13.	Zn (mg / kg)	11,7
14.	Cu (mg / kg)	4,50
15.	B (mg / kg)	11,6
16.	Cd (mg / kg)	0,28
17.	Co (mg / kg)	2,88
19.	Cr (mg / kg)	1,81
20.	Ni (mg / kg)	9,59
21.	Pb (mg / kg)	2,71

3.2.2. SZILICIUMTARTALOM „EDX” VIZSGÁLATA PRECIPITÁLT MÉSZISZAP ESETÉBEN



3.2.3. Precipitált mészszipap kvantitatív analízise

Mészszipap kvantitatív analízise saját mérések alapján

5. táblázat

Ssz.	Megnevezés	Térfogat (%)
1.	Vas(II)-oxid (FeO)	1,09
2.	Kalcium-karbonát (CaCO ₃)	96,02
3.	Kalcium-klorit (Ca(ClO ₂) ₂)	2,72
4.	Poli-hidroxi alumínium-klorid (Al ₁₁ (OH) ₃₀ Cl ₃)	0,08
5.	Kalciumszilikát-hidrát (Ca ₇ SiO ₄ · 35 H ₂ O)	0,08

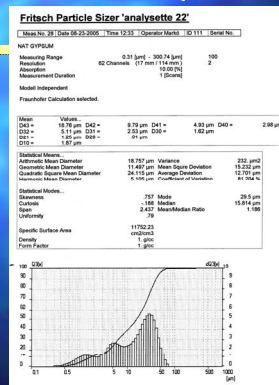
3.3. GIPSZ ALAPANYAGOK JELLEMZŐ TULAJDONSÁGAI

Különböző gipsz alapanyagok jellemző tulajdonságai (DIN EN 1168 T.2, 7/1975)

6. táblázat

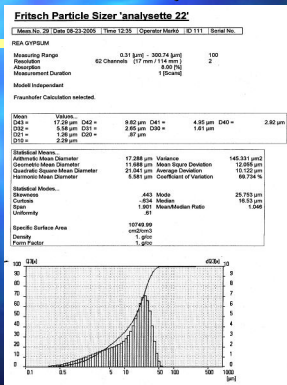
Ssz.	Megnevezés	Gipsz típusok			
		NAT	REA	PHO	STU
1.	Víz-gipsz tényező (w)	0,64	0,73	0,89	0,62
2.	Kötési idő kezdete (min)	8,5	5,5	2,5	4,0
3.	Kötési idő vége (min)	46,0	33,5	42,0	28,0
4.	Örleési finomság > 0,2 mm (%)	6,8	1,8	2,1	3,4
5.	Hajlítózárdság (N/mm ²)	4,26	5,84	3,71	5,74
6.	Nyomózárdság (N/mm ²)	11,52	15,28	7,95	9,61
7.	Sűrűség (kg/m ³)	1145	1192	934	1159
8.	pH	6,5	5,8	5,1	6,3

3.3.1. Naturgipsz (NAT) lézeres szemcseanalízis vizsgálati eredménye



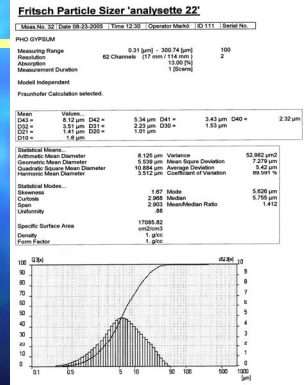
3.3.2. Füstgázgipsz (REA) lézeres szemeseanalízis vizsgálati

eredménye



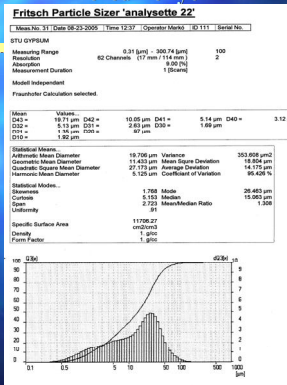
3.3.3. Foszforgipsz (PHO) lézeres szemeseanalízis vizsgálati

eredménye



3.3.4. Stuckgipsz (STU) lézeres szemeseanalízis vizsgálati

eredménye



3.4. GIPSKÖTÉSŰ LEMEZEK-ÉS FORMATESTEK ELŐÁLLÍTÁSA

3.4.1. MŰKÖDÉS-GYÁRTÁSI ELJÁRÁS

- A gipszkötésű rostlemezek nedves eljárással történő előállításakor a $w = 0,65 - 0,90$ víz-gipsz tényező megfelelő technológiai és műszaki megoldások alkalmazásával sikerült jelentősen csökkentenünk.
- Lehetővé vált a $w = 0,5$ érték megközelítése mely a szilárdsági értékek alakulása szempontjából meghatározó jelleggel bírt.

- A lapgyártás során az alábbi technológiai paramétereket alkalmaztuk:

- Lapméret: 600 x 600 x v (mm)
- Lapvastagság (v): 8 – 22 (mm)
- Sűrűség: 950 - 1100 (kg/m³)
- Rost - gipsz tényező: $x = 0,1 - 0,12$
- víz - gipsz tényező: $w = 0,9 - 0,65 - (0,5)$
- Adalékanyagok:
 - $-Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$
 - $-CaSO_4 \cdot 2H_2O$
 - $-CaCl_2 \cdot 2H_2O$
 - -mésziszap

- Présidő: max. 15 min
- Présnyomás: 0,7 - 1,8 MPa
- Lapszárítás: -Laboratóriumi szárítószekrényben
- -Hőmérséklet: 40 °C
- -Légsebesség: 1,0 m/s
- -Klimatizálás: 20 °C / 65 % relatív páratartalom
- Az adalékanyagokat < 5,0 % mennyiségben alkalmaztuk mivel nagyobb mennyiség esetén tulajdonságrontó hatást tapasztaltunk.

3.4.2. FÉLSZÁRAZ GYÁRTÁSI ELJÁRÁS

- Az anyag- és szárítási költségek csökkentése érdekében növelt rosttartalom és alacsonyabb elegyedvesség tartalom mellett ún. félszáraz eljárás szerint ($w = 0,4 - 0,5$) állítottunk elő gipszkötésű rostlemezeket.

A kutatás során a célunk az volt, hogy:

- a gipsz hidratációjához szükséges vizet a rostiszap nedvességtartalma által biztosítsuk,
- a lapgyártáskor csak minimális víztartalom bevitelére kerüljön sor, melyet a kötőanyag szabályozó anyagok oldat formájában történő beadagolásakor feltétlenül fel kell használnunk.

A kísérleti lapok gyártása az alábbi technológiai paraméterek alapján történt:

- Lapméret: Ø 50 x 12 (mm)
- Lapvastagság (v): 8 – 22 (mm)
- Sűrűség: 1150 (kg/m³)
- Rost - gipsz tényező: $x = 0,18$
- víz - gipsz tényező: $w = 0,4$
- Adalékanyagok:
 - $-Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$
 - $-CaSO_2 \cdot 2H_2O$
 - $-K_2SO_4$
 - $-(NH_4)_2SO_4$
 - -szuperabszorbens
 - -mésziszap

3.4.3. „SZÁRAZ” GYÁRTÁSI ELJÁRÁS

- A rost - gipsz keverék elegyedesség tartalmának további csökkentése és a lap tulajdonságok növelése érdekében szabadvíz felhordása nélkül igyekeztünk előállítani ezáltal gipszkötésű rostlemezeket.

Célunk az volt, hogy:

- minél közelebb kerüljünk a gipsz-dihidrát ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) képződéshez sztöchiometriailag minimálisan szükséges $w = 0,1875$ víz - gipsz tényezőhöz a szilárdsági tulajdonságok javítása és a szárítási energia csökkentése érdekében,

- tovább javítsuk a rostszap fellazítását követően előálló rost - gipsz keverék homogenitását,

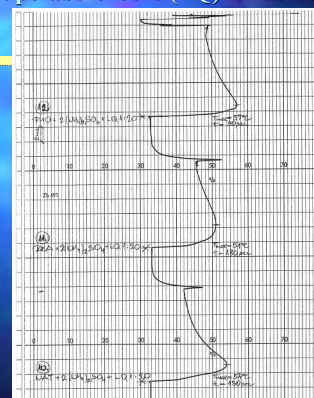
- vegyi folyamat eredményeképpen állítsuk elő határfelületi víztartalmat, biztosítva ezáltal a gipsz kikötéséhez szükséges nedvességet,

- a keletkezett nedvességtartalom, a kapillaritás törvényszerűsége alapján a dihidrát képződéshez mindenkor álljon rendelkezésre.

A lapgyártás során az alábbi műszaki és technológiai paramétereket alkalmaztuk:

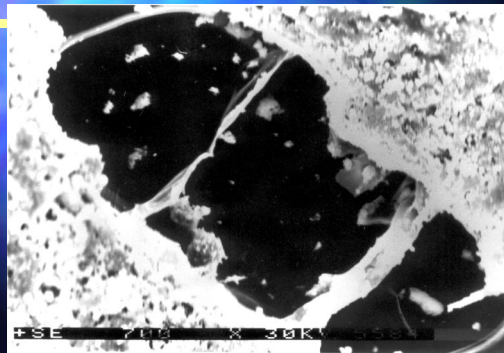
- Lapméret: 300 x 300 x 12 (mm)
- Lapvastagság (v): 8 – 22 (mm)
- Sűrűség: 1150 (kg/m³)
- Rost - gipsz tényező: $x = 0,13 - 0,42$
- víz - gipsz tényező: $w = 0,25 - 0,43$
- Adalékanyagok:
 - $-(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
 - $-\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 - -mészszap
- Présidő: max. 12,5 min
- Présnyomás: 1,8 – 3,2 MPa
- Lapszártás: Laboratóriumi szárítószekrényben
- -Hőmérséklet: 40 °C
- -Légsebesség: 1,0 m/s
- -Klímatizálás: 20 °C / 65 % relatív páratartalom

3.4.4. Különböző gipsz alapanyagok hidratációs görbéi superabszorbens (LQ) felhasználásával

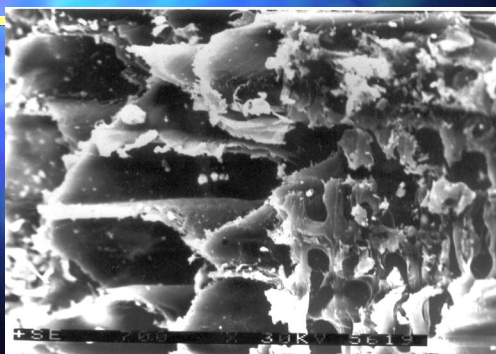


3.5. HATÁRFELÜLETI JELENSÉGEK VIZSGÁLATA

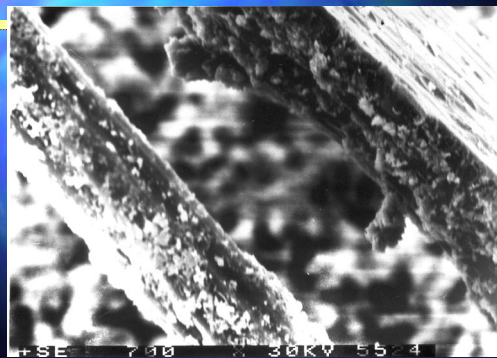
„HERAKLITH” cementkötésű fagyapotlemez.
Nagyítás: 700 x



„DURIPANEL” cementkötésű forgácslap.
Nagyítás: 700 x



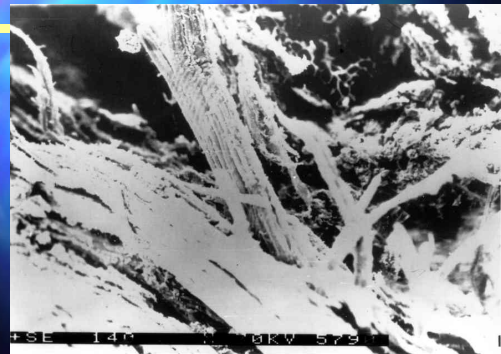
Gipszkötésű szalmaforgácslap. Nagyítás: 700 x



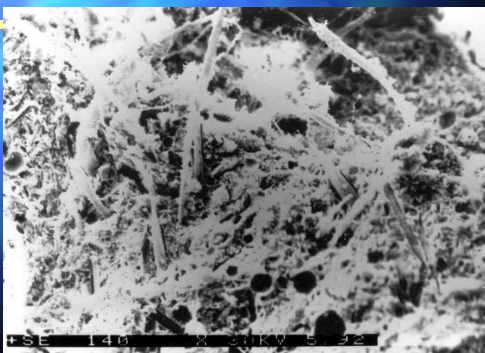
Gipszkartonlap élfelület. Nagyítás: 70 x



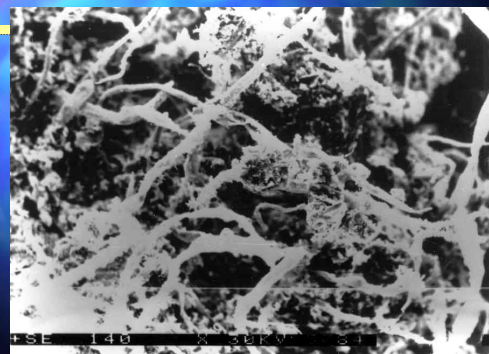
Gipszkötésű forgácslap. Nagyítás: 140 x



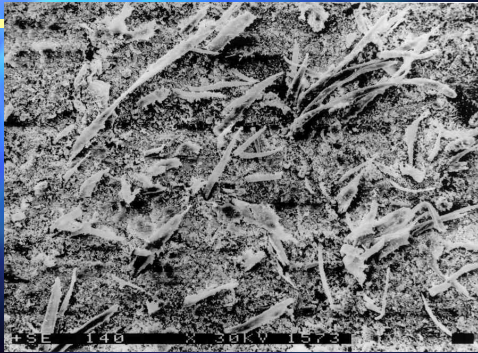
Üvegszál erősítésű gipszlemez. Nagyítás: 140 x



Újságpapírrost erősítésű gipszlemez. Nagyítás: 140 x



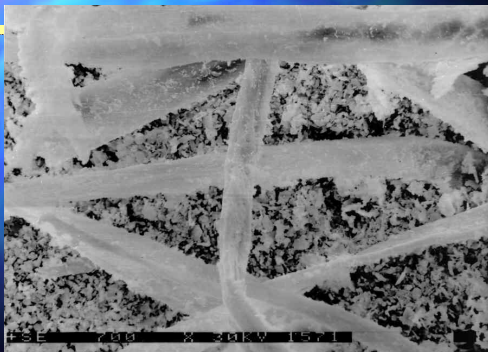
Gipszkötésű rostlemez rostiszap vázszerkezettel.
Nagyítás: 140 x



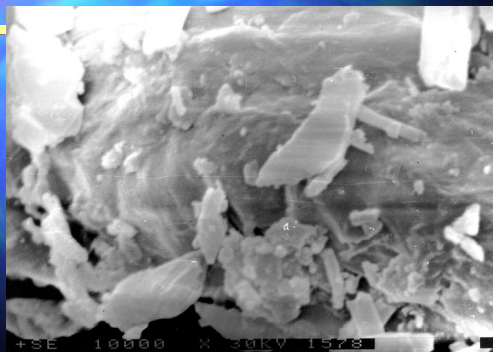
Gipszkötésű rostlemez felület. Nagyítás: 700 x



Nedves eljárású gipszkötésű rostlemez „magrésze”.
Nagyítás: 700 x



Határfelületi kalciumszulfát-dihidrát
kristályképződés. Nagyítás: 10 000 x



3.6. KÍSÉRLETI MUNKA ÖSSZEFOGLALÁSA

- A kutatómunka során egyértelműen igazolást nyert, hogy a cellulóz- és papírgyári másodnyersanyagként keletkező rostiszap ill. mésziszap megfelelő technológiai paraméterek mellett alkalmassá tehető gipszkötésű rostlemezek ill. formatestek előállítására.
- A rostiszap felhasználásával készült gipszkötésű kompozitok ennek figyelembevételével tehát új lehetőségként értékelendők a szervesetlen kötésű kompozitok területén.

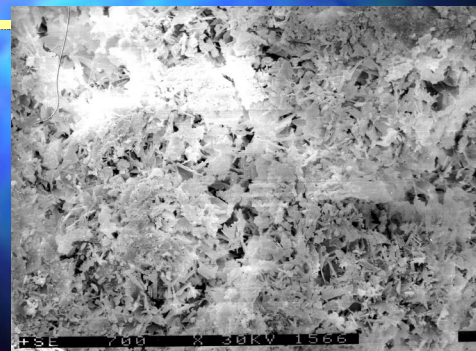
- Legjelentősebb eredménynek - a másodnyersanyag bázison történő anyagfelhasználás mellett - egy általunk kidolgozott „száraz eljárás” keretében, az eddig használt technológiai paraméterekhez képest alacsonyabb víz-gipsz tényező ($w = 0,25-0,30$) és ipari körülmények között még nem alkalmazott és magasnak mondott ($x = 0,24$) rost-gipsz tényezőt tekinthetjük.

Az előállított gipszkötésű rostlemezek ill. formatestek előnyös tulajdonságait a következő megállapítások is alátámasztják:

a.) Nedves eljárás:

- A nedves eljárás legnagyobb előnyeként a homogén rost-gipsz rendszer kialakítása mellett a gipszkarton lapokhoz közeli térfogati sűrűségi értékeket és jobb hajlítózilárdságot tekintjük.
- A felhasznált mésziszap, a rost-gipsz diszperz rendszer viszkozitásának csökkentése révén az öntő eljárásnál alacsonyabb víz-gipsz tényező ($w = 0,5$) alkalmazását tette lehetővé.
- A lapszerkezet hőtechnikai szempontból kedvező porozitása mellett a "lélegző felület" páraszabályozó képessége további előnyként értékelendő.

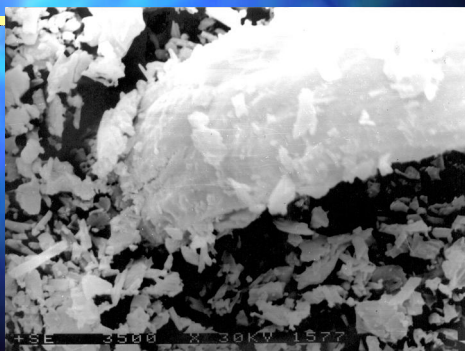
Gipszkötésű rostlemez "lélegző felülete"
Nagyítás: 700 x



- A mésziszap deflokkuláló hatása mellett tovább javította a rost-gipsz rendszer disperzítását.
- A gipszkötésű rostlemezek jól ismert kiváló tűzállósági tulajdonságát a rostiszap felhasználásával készült lemezek is meggyőzően igazolják.
- A gipsz-dihidrát kristályszerkezettel határolt rostiszap felület védőréteggé funkcionál mely magas hőmérsékleten hosszabb időtartamig ($t = 45-50$ min.) képes izolálni a levegő oxigéntartalmát a szerves cellulózváltól.

- Jelentős kristályvíz tartalmával magyarázható, hogy a többi gipszkötésű rostlemezhez hasonlóan csak lassú pirolitikus bomlás lejátszódását teszi lehetővé. A kristályvíztartalom például 1 m^2 és 15 mm vastag gipszkartonlapban közel 3 liter.
- A rostfelületen adszorbeálódott finom kristály részecskék a gipsz-mátrix rendszer és rostiszap között mind hidképző oltyókristályok is funkcionálnak, amit a PEM felvételek is igazoltak.

Elemi rostszál kalciumszulfát-dihidrát szerkezetben. Nagyítás: 3500 x



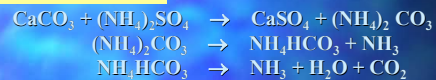
b.) Felsőszárítási eljárás:

- A felsőszárítási eljárás alkalmazása esetén vált egyértelműen felismerhetővé a mésziszap rostfellazítást elősegítő hatása, viszonylag magas nedvességtartalom ($u = 80-125\%$) alkalmazása mellett.
- A felhasznált szuperabszorbens (LQ) latens állapotú víztartalmával további kedvező feltételeket biztosított egy homogén rost-gipsz rendszer előállításához elősegítve ezáltal a kalciumszulfát-dihidrát képződést is.
- A megfelelő nagyságrendben alkalmazott precipitált mésziszap csökkentett mennyiségű kötőgyorsító anyag adagolást tett szükségessé.
- A kidolgozott és bevezetett gyorskeverési metodika tovább javított a rost-gipsz keverék homogenitását, teríthető képességén.

c.) „Szárz” előállítás

- A méziszap felhasználásával kidolgozásra került rostfellazítási technológia további új megoldások alkalmazását tette lehetővé
- Magasabb rost-gipsz tényező ($x = 0,24$) mellett is megfelelő homogenitási, jól kezelhető rost-gipsz keverék előállítását sikerült elérni.
- Az alacsonyabb víz-gipsz tényező ($w = 0,25-0,30$) kedvezőbb fiziko-mechanikai tulajdonságok kialakulásához vezetett valamennyi lap típus esetében. A legmagasabb hajlítózilárdsági értékek a REA-gipsz esetében adódtak.

- A méziszap felhasználása és az előnyösen kötégysorító adalékként megválasztott $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a lefolytatott kutatómunka legjelentősebb eredményéhez vezetett:



- a reakcióegyenlet értelmében ugyanis további CaSO_4 - gipsz kristályképződés - vált lehetővé,
- a rosthárterületen és a gipsz-mátrix rendszerben egyaránt víztartalmat sikerült előállítani vegyi úton,
- a keletkezett nedvességtartalom a kapillaritás hatására közvetlenül a gipsz-félhidrát számára a dihidrát képződéshez ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) rendelkezésre állhatott,

- a keletkezett széndioxid a gipsz félhidrátban a kalcinálás eredményeképpen mindenkor jelenlévő CaO ill. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tartalommal karbonátosodási folyamat lejátszódását eredményezte,

- az így keletkezett kalcium-karbonát a cementkötésű forgácslapok gyártása során kikísérletezett széndioxidos injektálás hatásmechanizmusával egyenértékű hidratációs idő csökkenéshez vezetett.

- A lapgyártás során a kalcium-karbonát kristályrészecskék beépültek a rost-gipsz mátrix rendszerbe.

- A rostok kedvező filelődése következtében kialakult homogén lapszerkezet növekvő csavarállóságot biztosított. A termék a növelt rosttartalom hatására károsodás nélkül közvetlenül szegezhető vált, ezáltal nem szükséges előfűrni.

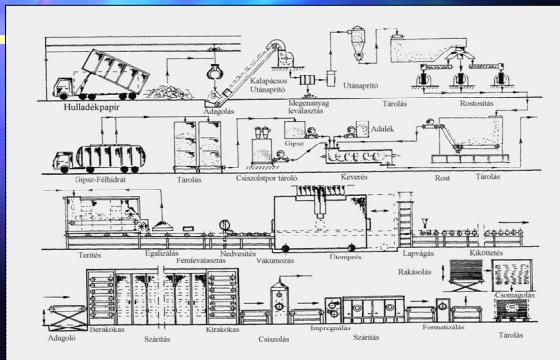
- A 8-12 mm vastagságú rostlemezek a Fermacell lapokhoz hasonló kedvező feldolgozhatósággal rendelkeznek, fűrészelhetők, éles szerszámmal való berajzolást követően vonalmentén „törhető”.

- A lapok fiziko-mechanikai tulajdonságai nem maradnak el a hasonló felhasználási célra alkalmas ismert gipszkötésű kompozit lemezekétől. (7. Táblázat)

- Az egyenletes lapszerkezetben a fa inhomogén káros tulajdonságai (dagadás, zsugorodás, inkrusztáló anyagok kioldódása, stb.) nem érvényesülnek.

- Másodnyersanyagok felhasználásával félüzemi kísérletek között is sikerült előállítani „szárz” eljárású, anyag és energiatakarékos gipszkötésű rostlemezeket.

FERMACELL gipszkötésű rostlemez előállítása Siempelkamp eljárással (Takáts 1994)



GISZKÖTÉSŰ KOMPOZITOK FIZIKO-MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI

Gipszkötésű kompozitok fiziko-mechanikai tulajdonságai

7. táblázat

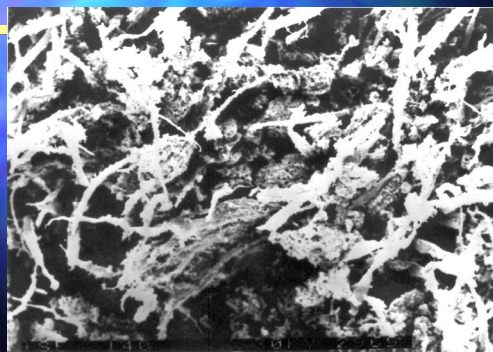
Ssz	Megnevezés	Gipszkartonlap (Kasaf. Egips)	Gipszkötésű fogacslep (Sasorex, Arbores)	Gipszkötésű rostlemezek			
				FERMACELL	WURTEX	LABOR	FELÜZEMI
1.	Vázzerkezet	karton	faforgács	hullaidegypír	hullaidegypír	rostszap	rostszap
2.	Kötésanyag	gipsz-felhárít	gipsz-felhárít	gipsz-felhárít	gipsz-felhárít	gipsz-felhárít	gipsz-felhárít
3.	Termékforma	lapalapú	lapalapú	lapalapú	lapalapú	lapalapú	lapalapú
4.	Sűrűség (kg/m ³)	820-1000	1000-1200	1000-1180	1040-1180	1050-1200	1103-1278
5.	Hajlítási modulus (N/mm ²)	3,0-8,0	6,0-9,9	4,0-7,0	5,0-7,0	4,5-7,0	5,9-7,9
6.	Rugalmassági modulus (N/mm ²)	3500-4600	3000-5000	4000-5000	2500-4000	3200-4700	2100-4432
7.	Nyomási szilárdság (N/mm ²)	8,0-9,5	-	-	-	14,0-18,0	-
8.	Laplemez szilárdság (N/mm ²)	-	0,35-0,50	-	-	-	0,28-0,63
9.	Hővezetőképesség (W/m ² ·K)	0,18-0,21	0,2	0,39	0,35	0,15-0,28	0,28-0,3
10.	Csavarállóság (N/m)	6,0-8,0	37-75	30-50	30-40	34-52	35-60
11.	Vastagsági dagadás 2 óráig (%)	1,5-3,0	1,2-1,5	0,6-1,0	1,0	0,6-1,0	0,5-1,1

A táblázatból egyértelműen kiténik, hogy a fülüzemi kísérlet útján előállított gipszkötésű rostlemezek, nem hogy elmaradnak, hanem sok esetben messze meghaladják a hasonló szeretlen kötésű kompozitok tulajdonságait, különös tekintettel a hajlítási modulusra, csavarállóságra és vastagsági dagadási értékekre.

Az elért eredményeket a növelt rost-gipsz tényezővel ($x = 0,24$) készült lapok mikrotechnológiai vizsgálata is alátámasztja.

Fülüzemi kísérleti úton előállított gipszkötésű rostlemez ($x = 0,24$).

Nagyítás: 140 x



Gipszkötésű rostlemezek előírt fiziko-mechanikai jellemző tulajdonságai

Stempelkamp	
Trockenrohichte	max. 1200 kg/m ³
Biegezugfestigkeit, trocken	6,0 - 8,0 N/mm ²
Quersugfestigkeit	0,25 - 0,4 N/mm ²
Oberflächenhärte, trocken	25 - 30 N/mm ²
Druckfestigkeit	22 - 28 N/mm ²
Dickenbeugung nach - 2 Stunden Wasserlagerung - 24 Stunden Wasserlagerung	max. 0,4 % max. 1,8 %
Elastizitätsmodul	3400 - 4000 N/mm ²
Wärmeleitfähigk.	0,35 W/mK
Luftschalldämmung	R _w = 31 dB
Dehnung/Schwindung bei Klimawänderung 23° C 50 % rel. Luftfeuchte/ 23° C 90 % rel. Luftfeuchte	0,06 %
Brüchigkeit bei 1000 bis 2000 mm Breite:	n/- 1 mm
Längenschrumpfung bei 1500 bis 6000 mm Länge:	n/- 2 mm
Dickenstabilität	n/- 0,2 mm
Brennbarkeit:	nicht brennbar nach DIN 4102, Klasse A2
Brandschutz:	Mund- und Deckenkonstruktionen der Feuerwiderstandsklassen 30 bis 120 Min. sind zugelassen.

Tabelle 2: Eigenschaften einer 10 mm Gipsfaserplatte

Felüzemri kísérletek során előállított gipszkötésű rostlemezek jellemző tulajdonságai

Tabelle 1: T 178: Verwendung von Faserschlamm für die Herstellung von Gipsfaserplatten Eigenschaften der aus den Fasern hergestellten Platten (Mittelwerte)

Platten-Nr.	Faser	Faseranteil %	Plattenfeuchte %	Rohdichte kg/m ³	Biegezugfestigkeit N/mm ²	kor. Biegezugfestigkeit * N/mm ²	Elastizitätsmodul N/mm ²	Quersugfestigkeit N/mm ²
51.130	PS-TO 1	18	25,0	1221	7,2	6,4	3974	0,51
51.131	PS-TO 1	21	28,8	1184	7,1	7,0	2810	0,38
51.132	PS-TO 1	24	29,8	1103	6,1	7,6	2100	0,28
51.133	PS-TO 2	18	24,4	1278	7,9	5,9	4432	0,63
51.134	PS-TO 2	21	26,4	1230	8,4	7,4	3780	0,54
51.135	PS-TO 2	24	29,4	1158	7,5	7,9	3066	0,46

* umgerechnet auf Soll-Rohdichte 1180 kg/m³

d.) Gipszkötésű formatestek

- A rostiszap, mésziszap és gipsz felhasználásával készült gipszkötésű formatestek új lehetőségként értékelendők a szervesen kötött formatestek területén,
- A formatestek gyártása területén még nemzetközi viszonylatban sem találtunk cellulóz ill. papírgyári másodnyersanyagok felhasználásával készült hasonló termékekre utalást,
- Ezt igazolják és támasztják alá az általunk benyújtott és időközben megkapott bejegyzett külföldi ill. hazai szabadalmak.
- A kísérletek során a nedves gyártási eljárásnál már jól bevált receptúra és technológiai paraméterek szerint készítettünk a három másodnyersanyag felhasználásával különféle holkerszegélyt ill. gipsz stukkót

DÍSZÍTŐELEMÉK, STUKKÓK



Az első gipszkötésű formatest
(Jona Gudvardardóttir 2003)



■ 4. FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEK

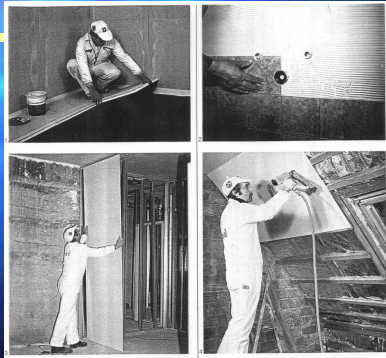
4.1. FESTETT GIPSKÖTÉSŰ ROSTLEMEZ (NEDVES ELJÁRÁS)



4.2. KÖNNYŰSZERKEZETES FAHÁZÉPÍTÉS CÉLJÁRA



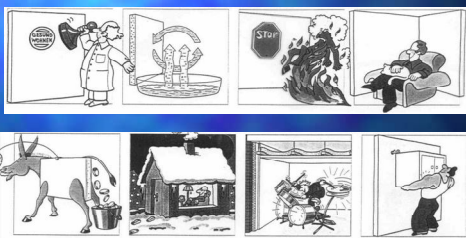
4.3. BELTÉRI SZÁRAZ ÉPÍTKEZÉS



4.4. ROSTISZAP ERŐSÍTÉSŰ FURNÉROZOTT GIPSKÖTÉSŰ ROSTLEMEZ



4.5. A GIPSKÖTÉSŰ LEMEZ-ÉS FORMATESTEK KIEMELKEDŐ TŰZÁLLÓSÁGGAL, HŐ-ÉS HANGSZIGETELŐ TULAJDONSÁGGAL RENDELKEZNEK



5. TÉZISEK

1. Kutatómunkám során elsőként alkalmaztam rostiszapot szervesetlen kötésű kompozitok előállítására, melynek során sikerült "hulladék" bázison, cellulóz- és papírgyári rostiszap, precipitált mészsízap és REA- ill. foszfor-gipsz együttes felhasználásával gipszkötésű rostlemezeket ill. formatesteket készítenem, miközben feltártam annak anyagtudományi alapjait.

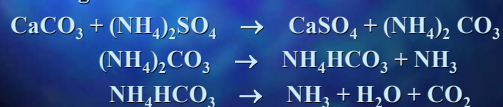
2. Új eljárást dolgoztam ki a rostiszap és precipitált mésziszap ipari hasznosítására, ezáltal egyidejűleg sikerült hasznosítanom egy cellulóz- és papírgyár "hulladékát", melynek során hulladékpapír helyett rostiszap alapanyagot használtam gipszkötésű rostlemezek gyártására, így szükségtelenné vált a drága karton borítóréteggé váló alkalmazása is.

3. A rostiszap alkalmazása feleslegessé tette a drága faanyag felhasználást, rostosítást, ezáltal hasznosítása gazdasági és környezetvédelmi szempontból is igen jelentős, mivel 1,0 t rostiszap felhasználásával 3-5 m³ papírfát lehet megtakarítani ill. ezáltal 0,01 ha erdő kivágása kerülhető el.

4. Rostiszap és szuperabszorbens (LQ) felhasználásával állítottam elő gipszkötésű rostlemezeket, szabadvíz felvétele nélkül - alacsony víz-gipsz tényező ($w = 0,25-0,30$) mellett - biztosítva egyfajta latens állapotú víztartalmat a préselés során a gipsz hidratációjának lejátszódása érdekében, miközben kísérletekkel bizonyítottam, hogy a rostiszap használata feleslegessé teszi a gipszkötésű rostlemezek gyártásakor külön kötéslassító anyag adagolását, mivel extraktartalma a kalciumsulfát-dihidrát képződés nyílt idejének beállítására előnyösen alkalmazható.

5. A mésziszap összetételének megállapítására elsőként alkalmaztam a pásztázó elektronmikroszkóp (PEM) vizsgálattal egybekapcsolott EDX (Elektronen Dispersive Röntgen Mikroanalyse) módszert és a röntgendiffractométerrel történő meghatározást, miközben a precipitált mésziszap felhasználásával kidolgoztam egy új nedves rostfellazítási technológiát. Ez az általam kifejlesztett gyorskeverési módszerrel kiegészülve egyetlen rost-gipsz keverék előállítását tette lehetővé, homogén lapszerkezetet eredményezve.

6. Bebizonyítottam, hogy az elemi rostszálak nedvességtartalmának aktivizálása révén is elegendő vízmennyiség áll rendelkezésre a kalcium-félhidrát részére a dihidrát képződéshez, továbbá a rostok és a gipsz-félhidrát felületén precipitált mészszip és ammónium-szulfát segítségével határfelületi nedvességtartalmat állítottam elő, ezáltal jelentős mértékben sikerült ezzel a víztartalommal a gipsz hidratáció sebességét fokozni:



7. Megállapítottam, hogy a precipitált mészszip és ammónium-szulfát hatására a gipszkötésű rostlemezek előállításakor kalcium-szulfát is keletkezik, mely a gipsz hidratációja során olytókristályként szerepelt, elősegítve ezáltal a kalcium-dihidrát kristályképződést.

8. Sikerült bebizonyítani, hogy a precipitált mészszip és ammónium-szulfát együttes alkalmazásával a keletkezett széndioxid (CO₂) a gipsz-félhidrátban mindenkor jelenlévő CaO ill. Ca(OH)₂ tartalommal karbonátosodási folyamat lejátszódásához vezet szilárdság növekedés mellett (Ca(OH)₂ + CO₂ = CaCO₃ + H₂O), miközben hidratációs görbék segítségével igazoltam, hogy a létrejött karbonátosodási folyamat a cementkötésű forgácslapok gyártása során kikísérletezett széndioxidos injektálás hatásmechanizmusához hasonlóan hidratációs idő csökkenést eredményezett.

9. Főüzemi kísérletekkel is igazoltam, - amit eddig ipari körülmények között még nem sikerült megoldani -, hogy a vázszerkezet részaránya a szabványos tulajdonságok biztosítása mellett 18 % rosttartalom határérték fölé emelhető. A megnövelt rosthányad hatására (x = 0,24), azaz alacsonyabb gipszfelhasználás következtében így jelentős alapanyagköltség csökkentés érhető el.

10. Az elméleti és gyakorlati megállapítások alapján kidolgoztam egy anyag- és energiatakarékos gipszkötésű rostlemez és formatestek céljára alkalmas gyártástechnológiát másodnyersanyagok felhasználásával, továbbá javaslattal éltem a lap és formatestek felhasználhatóságára, miközben PEM felvételek segítségével a határfelületi kristályképződést vizsgálva bebizonyítottam azok alkalmasságát a száraz- és könnyűszerkezetes faházépítésben

„SOHA NE KÖVESD A KITAPOSOTT
UTAT, MERT AZ CSAK ODA VISZ,
AHOL MÁR MÁSOK JÁRTAK.”

(Alexander Graham Bell)