

Cementkötésű forgácslapok gyártása nyár forgácsból

Alpár Tibor, Rácz István[❖]

Kutatásaink azon lehetőségeket próbálják felfedni, melyekkel csökkenő költségekkel állíthatjuk elő a cementkötésű lapokat. Ilyen irányú lehetőség jelenleg a nyár forgácsban és a vízüveget helyettesítő kalcium-klorid és kalcium-formiát oldat alkalmazásában rejlik. A cementkötésű lemezeket eddig kizárólag erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) forgácsból gyártották, aminek költségei nagyobbak, mint a nyár forgácsé. Emellett az új adalékanyag beszerzési ára is kedvezőbb. A kutatás eredményeként a cementkötésű forgácslapok gyártási költsége kevesebb lehet. Az eredményt azonban csak akkor tekinthetjük pozitívnak, ha a lapok minősége nem romlik.

Kulcsszavak: Cementkötésű kompozitok, Kalcium-klorid, Kalcium-formiát, Nyár

Cement-bonded particleboards made of poplar chips

The aim of our research was to develop a method for producing cement-bonded particleboards (CBPB) at the lowest cost possible. Two possibilities are using poplar as a raw material, and using a new combination of chemical additives namely, the solution of calcium-chloride and calcium-formate instead of water glass. The present technology uses exclusively Scots pine (*Pinus sylvestris*) chips, which is getting increasingly expensive. The price of the new additive is much lower, as well. As a result of our research, the costs of CBPB production can be reduced. The physical and mechanical properties of the boards usually improved rather than deteriorated.

Key words: Cement-bonded composites, Calcium-chloride, Calcium-formate, Poplar

Bevezetés

Napjainkban a lemeziparban is, mint a legtöbb iparágban, a legfontosabb cél az alapanyagköltségek, valamint az előállítási költségek csökkentése, természetesen a termék minőségének romlása nélkül. Jelenleg a cementkötésű forgácslapok gyártása csakis erdeifenyő alapanyagból történik, melynek beszerzése egyre nehezebb, a beszerzési ár egyre magasabb. Igen sok iparág használja ezt a fafajt és a készletek is végesek. Ezért fontos lenne egy alternatív fa alapanyag megtalálása, ill. a gyártástechnológia szükséges módosításainak kidolgozása az új alapanyagra vonatkozóan.

A kutatásokat a nemes nyár fafajok alkalmazásával kívántuk elvégezni, mivel ezek nagy mennyiségben fordulnak elő hazánkban, és egy esetleges ültetvényes termesztéshez is alkalmasak. Másfelől korábbi cement-fa kapcsolatok vizsgálatai szerint ezek a fafajok is megfelelőek lehetnek alacsony cementméreg-tartalmuk miatt. Ezen

felül a vízüveg mellett kipróbáltunk egy másik adalékanyag-keveréket is, a kalcium-klorid és a kalcium-formiát oldatát, mivel ennek beszerzési ára kedvezőbb és ugyanolyan tulajdonságú lapok gyárthatók vele, mint vízüveggel.

Kifejezetten nyár alapú cementkötésű forgácslap gyártásának lehetőségével eddig a Nyugat-Magyarországi Egyetemen foglalkoztak egy szakdolgozat keretében (Illés 2004). A dolgozat készítője szintén keverte az erdeifenyő és a nyár faforgácsot különböző arányban, azonban csak vízüveg adalékot használt, ill. kizárólag egy rétegű lapokat készített közepforgácsból. A vizsgálatok eredményei nem voltak egyértelműen megfelelőek, mivel a hajlítószilárdság értékei nem minden esetben érték el a szabványkövetelményeket (9 MPa), bár a lapsíkra merőleges szakítószilárdság értékei minden esetben meghaladták a szabványban előírt 0,5 MPa-t.

[❖] Dr. Alpár Tibor PhD., egy. docens, Rácz István doktorandusz, NyME Fa- és Papírtechnológiai Intézet

A most bemutatott kísérletek célja, hogy a gyártott lapok mechanikai tulajdonságai megfeleljenek a szabványban foglaltaknak, mind a vízüveg, mind pedig az új adalékanyag keverék esetén.

A cementkötésű forgácslapok tulajdonságai és gyártása

A cementkötésű forgácslapok gyártásához erdefenyő aprítékot használnak. Az erdefenyő forgácsok gyártásánál ügyelni kell arra, hogy a fa kéregtelenített legyen, mivel abban a cement kikötését megakadályozó anyagok, úgynevezett cementmérgek vannak (Winkler 1998). Ezek általában vízben oldódó hemicellulózok. A gyártás folyamán a fakéregtartalom nem haladhatja meg az 5 %-ot. Az őszi vagy téli kitermelésű faanyag előnyösebb, mert ezekben kevesebb a vízben oldható hemicellulóz. Minden más időszakban kitermelt faanyagot két hónapig tárolni kell.

Aprítás után a forgácsokat a cementtel és a vegyi anyagokkal keverőgépekben keverik össze. A keverékhez nátron-vízüveget (Na_2SiO_3) adagolnak a kötés gyorsítása céljából (Alpár 2000). Ezután a terítő-berendezések terítéket képeznek a keverékből. A fedőréteg terítése általában légsodrásos eljárással történik, míg a középréteget mechanikusan terítik. A terítés előtt a fémről készült terítőlemezeket szappanoldattal kezelik, a leragadás megakadályozása érdekében.

A terítékek ezután kalodába kerülnek, ahol adott mennyiségű lapot egymásra helyezve kötegekben préselik azokat (Hadrnagy 1983). A kalodákat rögzítik és a lapok átkeülnek az érlelőkamrába, ahol 70°C hőmérséklet és 80-85 % relatív páratartalom van. Ebben a kamrában a forgácslapok 8 óra alatt érik el a 28 napos betonszilárdság felét. A lapokat méretre vágják, majd a rakatokat még két hétig pihentetik. Ezt követően szárítókamrában egyensúlyi nedvességtartalomra állítják be azokat, ami 10-12 %-os nedvességtartalmat jelent.

A cementkötésű lapok jellemző összetétele:

- 20% faforgács
- 60% portlandcement
- 20% víz és adalékanyagok

A cementkötésű lapok tulajdonságai:

- 1200-1300 kg/m^3 térfogatsűrűség
- 10 MPa hajlítószilárdság (10% nedvesség-tartalom mellett)
- 1-2,5% vastagsági dagadás

Felhasznált anyagok és módszerek

A kísérletekhez felhasznált anyagok:

- erdefenyő (*Pinus sylvestris*) forgács
- I214 nyár (*Populus × euramericana* cv. „I 214”) forgács,
- CEM I 42,4 típusú portland cement,
- kalcium-klorid (CaCl_2),
- kalcium-formiát ($\text{C}_2\text{H}_2\text{CaO}_4$),
- nátron vízüveg (Na_2SiO_3).

A kísérletekhez a FALCO Zrt. I214 nyár fafajú, téli döntésű rostfát vásárolt, amelyet kérgezve 2 hónapig tárolt. Ezt követően a technológiai sorban végezték a forgácsképzést.

A laboratóriumi lapgyártást hidratációs vizsgálatok előzték meg, ahol kis mintákon vizsgáltuk a cement hidratációját a különböző adalékanyagok, és forgácstípusok jelenlétében. A forgácsok esetében fedő forgácsot alkalmaztunk, hogy minél nagyobb fajlagos felületünk legyen. A fa, cement, víz és kötőanyag aránya a lapgyártási recepturával megegyezett.

A laboratóriumi lapgyártást az erdefenyő és nyár alapanyagok különböző arányú keverésével végeztük el (**1. és 2. táblázat**) és minden laptípusból kettőt préseltünk, a megbízhatóbb eredmények elérése érdekében. A gyártott lapok vastagsága 12 mm volt. A vizsgálat sorozatokat elvégeztük vízüveg adalékkal és kalcium-klorid és kalcium-formiát 3:1 arányú keverékének 3%-os vizes oldatával is. A fa-cement tényező 2,6 értékre választottuk. A keverék teljes nedvességtartalma 44% volt. A kísérletek során háromrétegű lapokat készítettünk eltérő frakció-összetételű fedő-ill. középforgácsból, ahol a fedő- és középrétegek aránya 30%-40%-30% volt.

1. táblázat – A kalcium-klorid és kalcium-formiát oldatával gyártott lapok esetén bemért összetevők mennyisége egy laphoz

EF/NY arány [%] a fedőrétegben	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	0/100
EF [g]	466	372	279	186	93	0
NY [g]	0	85	171	256	342	427
Víz [g]:	544	552	559	567	575	582
EF/NY arány [%] a középrétegben						
EF [g]	325	260	195	130	65	0
NY [g]	0	61	122	182	243	304
Víz [g]:	348	352	357	361	365	369

Fedő forgács esetén minden laphoz 1027g cementet és 40g CC*-t mértünk be, míg a középrétegbe 684g cementet és 27g CC*-t

*CC:Kalcium-klorid és kalcium formiát oldata

2. táblázat – A vízüveggel gyártott lapok esetén a bemért összetevők egy laphoz

EF/NY arány[%] a fedőrétegben	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	0/100
EF [g]	466	372	279	186	93	0
NY [g]	0	85	171	256	342	427
Cement [g]:	1027	1027	1027	1027	1027	1027
Vízüveg [g]:	30	30	30	30	30	30
Víz [g]:	554	562	570	577	585	593
EF/NY arány[%] a középrétegben						
EF [g]	325	260	195	130	65	0
NY [g]	0	61	122	182	243	304
Cement [g]:	684	684	684	684	684	684
Vízüveg [g]:	20	20	20	20	20	20
Víz [g]:	355	359	363	368	372	376

Fedő forgács esetén minden laphoz 1027g cementet és 30g vízüveget mértünk be, míg a középrétegbe 684g cementet és 20g vízüveget

Laboratóriumi körülmények között a számolt anyagmennyiségeket táramérlegesen mértük ki, $\pm 0,01$ g pontossággal. A forgácsok keverése cementtel és az adalékanyagokkal egy fűrőgépre erősített keverőszárral történt. A fedő- és középréteg anyagait külön-külön kevertük össze. A fedőréteg alkotórészeiből kétszeres mennyiséget mértünk be, és kevertük össze, mivel a középréteget két oldalról egy-egy fedőréteg borítja. A terítést kézzel végeztük, egy 400 x 400 mm-es keretbe, odafigyelve arra, hogy egyenletes vastagságban oszlassuk el az egyes rétegeket. A keretben a terítés után egy síkfelületű lemezzel előpréselést hajtottunk végre kézi erővel. A préslemezek felületeit a leragadás elkerülése végett síkosító folyadékkal vontuk be. A lapokat szobahőmérsékleten, 4,8 MPa fajlagos

nyomáson, 14 órán keresztül préseltük egy Siempelkamp típusú laboratóriumi présberendezésben, majd két hétig pihentettük a vizsgálatok előtt a végleges kikeményedéscéljából. A hosszabb présidővel kompenzálni kívántuk az itt hiányzó, de az üzem érlelőkamrájában meglévő, a 8 órás kikötési időhöz szükséges viszonyokat.

A végleges kikeményedéshez szükséges két hét letelte után, a legfontosabb fizikai és mechanikai vizsgálatokat a kísérleti lapokon a vonatkozó MSZ EN szabványoknak megfelelően végeztük el. Minden vizsgálathoz lemezenként 7 db próbatestet használtunk fel. A mechanikai vizsgálatokat egy INSTRON 5566 típusú univerzális anyagvizsgáló berendezésben végeztük. A vizsgált paraméterek a következők voltak: vastagsági dagadás (MSZ EN 317:1998),

sűrűség (MSZ EN 323:1995), hajlítószilárdság (MSZ EN 310:1999), hajlító rugalmassági tényező (MSZ EN 310:1999) és lapsíkra merőleges húzószilárdság (MSZ EN 319:1998).

Eredmények

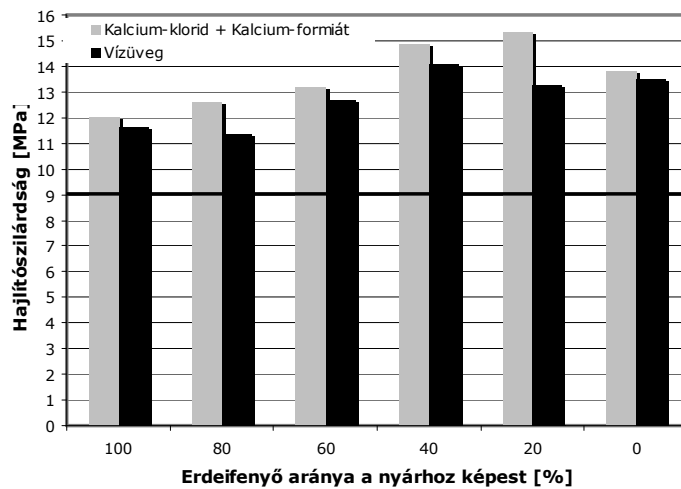
Az előzetes hidratációs vizsgálatok eredményét a **3. táblázat** mutatja. Az erdei-fenyő és nyár forgácsokból bemért mennyiség azért különbözik, mert a két fafaj sűrűsége nem azonos. A hidratációs vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy a nyár forgács nem befolyásolja a cement kötési folyamatait, tehát teljes egészében alkalmas cementkötésű forgácslap gyártására.

A vizsgált mechanikai tulajdonságok változását az erdeifenyő és a nyár forgácsok keverési arányának függvényében az **1-3. ábrák** mutatják. Általánosságban elmondható, hogy a nyár forgácsok arányának növelésével a mechanikai tulajdonságok többnyire javultak, bár ez a tendencia nem volt minden esetben egyértelmű. Az egyes paraméterek maximuma általában 40/60 illetve 20/80 erdeifenyő/nyár forgács keverési arány esetében volt megfigyelhető. Kalcium-klorid és kalcium-formiát alkalmazása vízüveg helyett szinte minden esetben javította a lemezek mechanikai tulajdonságait.

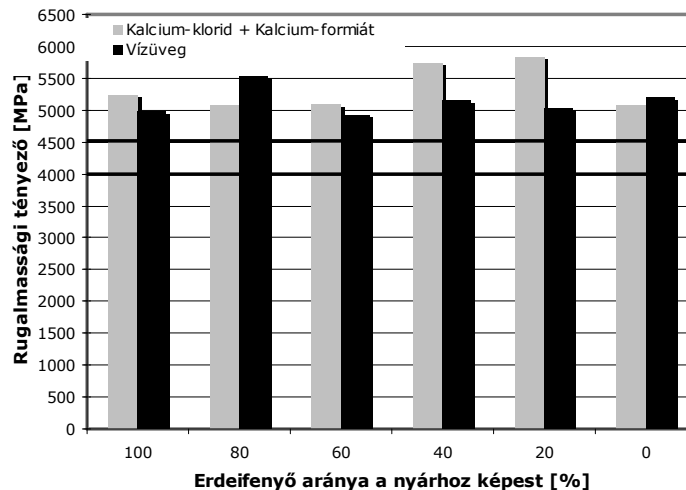
A fenti megfigyelések arra engednek következtetni, hogy nyár forgács adagolásával a cementkötésű forgácslapok mechanikai tulajdonságai általánosságban javulnak, bár 100%-os nyár forgács alkalmazása mellett az értékek ismét kissé visszaesnek. Az eredmények némileg meglepőek, mivel a nyár faanyag szilárdsága általában elmarad az erdei fenyőétől. Az eredmények lehetséges magyarázata, hogy az erdeifenyő forgácsok hosszú és egyenes alaknak, míg a nyár forgácsok szintén hosszú, de vékonyabb és fódros alakjuk miatt jobban nemezelődtek a préselés során.

3. táblázat – Hidratációs vizsgálatok különböző adalékanyagok és fajok estén

Minta száma	1	2	3	4	5	6
I214 nyár [g]	34	-	34	-	-	-
Erdeifenyő [g]	-	41	-	41	-	-
Cement [g]	81	81	81	81	107	107
Vízüveg [g]	3	3	-	-	4	-
CC [g]	-	-	3	3	-	4
Víz [g]	54	46	54	46	58	58
T _{max} [°C]	29,3	25,8	29,9	26,7	29,6	32,6
t _{Tmax} [min]	75	75	75	75	855 (14,25h)	720 (12,0h)



1. ábra – A lapok hajlítószilárdsága az erdeifenyő és nyár forgácsok keverési arányának függvényében

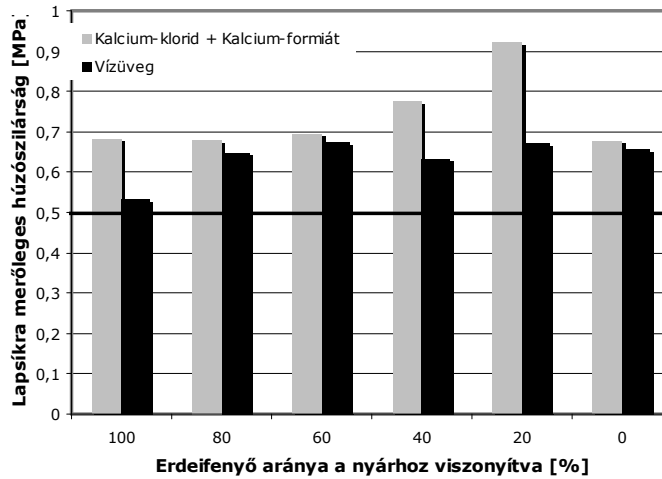


2. ábra – Rugalmassági modulus értékei az erdeifenyő és nyár forgácsok keverési arányának függvényében

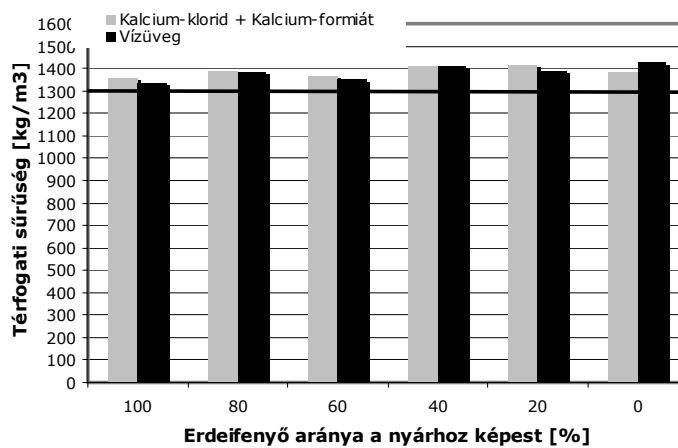
A kalcium-klorid és a kalcium-formiát oldata új, a vízüveg-nél modernebb, és ráadásul kedvezőbb árú. Alkalmazását a gazdasági előnyök mellett az is indokolja, hogy szinte minden esetben javította a mechanikai tulajdonságokat a vízüveghez viszonyítva.

Az MSZ EN 310:1999 illetve az MSZ EN 319:1998 szabványok a hajlítószilárdságra 9 MPa, a hajlító rugalmassági modulusz esetében 4000 MPa, a lapleemelő szilárdság tekintetében pedig 0,5 MPa minimális értéket írnak elő. Ezeket az határértékeket az általunk készített összes lemez elérte.

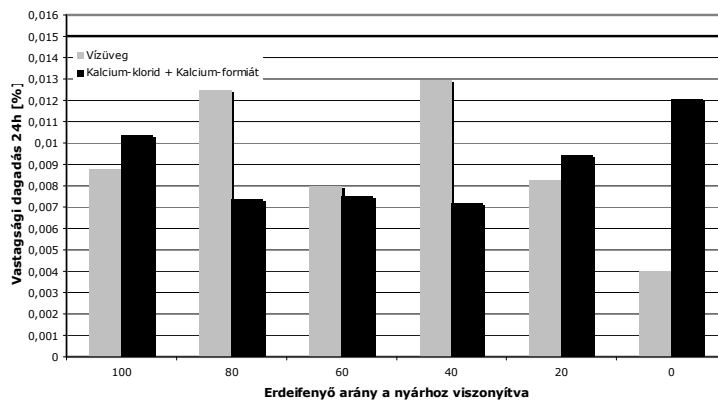
A vizsgált fizikai tulajdonságok változását az erdeifenyő és a nyár forgácsok keverési arányának függvényében az 4. és 5. ábrák mutatják. A lemezek sűrűsége minden esetben nagyon hasonló, az MSZ EN 323:1995 szabvány kritériumainak megfelelő volt. Ennek oka, hogy cementből minden lap esetében adott mennyiséget mértünk be, valamint a bemért forgácsok és víz tömege is csak minimális értékben tért el egymástól. A vastagsági dagadás tekintetében semmiféle egyértelmű



3. ábra – Lapsíkra merőleges húzószilárdság az erdeifenyő és nyár forgácsok keverési arányának függvényében



4. ábra – Térfogati sűrűség az erdeifenyő és nyár forgácsok keverési arányának függvényében



5. ábra – Vastagsági dagadás mértéke az erdeifenyő és nyár forgácsok keverési arányának függvényében

trendet nem lehetett megfigyelni. Bár a dagadási értékek viszonylag nagy szóródást mutattak, valószínű, hogy ez inkább véletlen tényezők, semmint az új fa- vagy adalékanyag hatásának tudható be. A lapok a térfogati sűrűség és vastagsági dagadás tekintetében teljesítették az MSZ EN 323:1995 és az MSZ EN 317:1998 szabvány által előírt 1300 kg/m^3 -es sűrűséget illetve a maximum 0,015 %-os vastagsági dagadást.

Kísérleteink alapján tehát elmondható, hogy nyár forgácsok adagolása a cementkötésű forgácslapok szilárdságát nem csökkentette, és a fizikai tulajdonságokat sem befolyásolta. A drágább erdeifenyő forgácsok szükség esetén akár teljesen helyettesíthetők nyár alapanyaggal, bár ez esetben a mechanikai tulajdonságok valamelyest visszaesnek. A hagyományos vízüveg helyett kalcium-klorid és kalcium-formiát adalékanyagot alkalmazva a fa és a cement közötti kapcsolat minősége javult. Az új adalékanyagok majdnem minden esetben javították a mechanikai tulajdonságokat, mind az erdeifenyő, mind a nyár forgácsok esetében.

A fenti következtetések kis szériás, laboratóriumi körülmények között végzett vizsgálatokon alapulnak. Kiterjedtebb laboratóriumi vizsgálatok szükségesek az új fafaj és adalékanyagok hatásának megbízható igazolására, gyakorlati bevezetésüket pedig üzemi kísérletekkel kell megalapozni.

Összefoglalás

A kutatás keretében megpróbáltunk cementkötésű forgácslapokat gyártani erdeifenyő és nyár forgácsok adott arányú keverése mellett, valamint a vízüveg mellett egy másik adalékanyaggal (kalcium-klorid és kalcium-formiát oldata) is gyártottunk lemezeket. Az eredmények kiértékelésekor világossá vált, hogy nyár forgácsokból is gyárthatók ugyanolyan, vagy akár jobb mechanikai és fizikai tulajdonságú lapok is, mint erdeifenyő forgácsból. Az új adalékanyag szintén elősegítette a jobb minőségű lapok gyártását és megállapítást nyert, hogy a kalcium-klorid és kalcium-formiát adalékkal

jobb mechanikai tulajdonságú lapok gyárthatók. Ennek oka, hogy az ilyen kemikáliák elősegítik a rostok mineralizálódását, és akadályozzák a cukrok oldódását. Ezek a kísérletek azonban laboratóriumi körülmények között folytak le, ezért szükséges üzemi kísérletekkel is igazolni a laboratóriumi eredményeket.

Az elért eredményeknek gazdasági jelentősége van, mivel egyrészt ez az új adalékanyag, másrészt pedig a nyárfa alapanyag is kedvezőbb áron szerezhető be.

Köszönetnyilvánítás:

Kutatásainkat az ERFARET 2.1.3. Agglomerált lemezipari hasznosítás alprogramja és a FALCO Zrt. támogatta.

Felhasznált irodalom:

1. Alpár T. 1998. *Cementkötésű falemezek gyártása és tulajdonságaik javítása*. In: Solymos Rezső szerk. Természetközeli erdő-, és vadgazdaság, környezetbarát fa-gazdaság, MTA, Budapest, 269-275 old.
2. Alpár T. 2000. *Kötésgyorsítási módszerek a cementkötésű forgácslapok gyártásánál*. Doktori (Ph.D.) dolgozat, NyME, Sopron
3. Hadnagy J. 1983. *Forgácslapok gyártása és felhasználása*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 373 old.
4. Illés Zs. 2004. *Cementkötésű forgácslap gyártása hulladék faanyagból*. Szakdolgozat, NyME, Sopron
5. Winkler A. 1998. *Faforgácslapok*. Dinasztia Kiadó, Budapest, 181 old.
6. MSZ EN 310:1999. *Fa alapanyagú lemezek. A hajlítószilárdság és a hajlítási rugalmassági tényező meghatározása*.
7. MSZ EN 317:1998. *Forgács- és rostlemezek. Vastagsági dagadás meghatározása áztatás után*.
8. MSZ EN 319:1998. *Forgácslapok és rostlemezek. Lapsíkra merőleges szakítószilárdság meghatározása*.
9. MSZ EN 323:1995. *Fa alapanyagú lemezek. A sűrűség meghatározása*.