

Présidő-csökkentési lehetőségek a forgácslapgyártásban

Bittman László *

How to reduce chipboard pressing time

The pressing time of chipboard may be decreased in a variety of ways. The article describes the basic phenomena that occur during chipboard pressing and summarises the various possibilities that may be used to reduce the pressing time. The results of some investigations concerning conventional hot pressing, high-frequency pressing and steam-shock pressing are also presented. The author concludes that the combination of these three techniques may be especially beneficial.

Key words: Chipboard manufacture, Hot pressing, Radio frequency pressing, Steam-shock technique.

Bevezetés

A forgácslemezgyártás célja az inhomogén, ortogónálisan anizotróp fából viszonylag homogén, feszültségek szempontjából sokkal kiegyenlítettebb tulajdonságú termék előállítás. Falemez termékek gyártása során mindig is az alkotóelemek „összefogása”, összepréselése jelentette a szűk keresztmetszetet. Ez az a folyamat, amely során a kisebb vagy nagyobb fa alkotóelemek műgyanta vagy más ragasztóanyag, esetenként a fában levő kötőerők segítségével egyesülve valamilyen lemeztermékké állnak össze.

A hőpréselés közben lejátszódó jelenségek

A különböző terítékek hőpréselése során a következő folyamatok játszódnak le:

- A terítékpaplan tömörödik, míg el nem éri a kívánt vastagsági méretet.
- Tömörödés során kialakul az elemi részek közötti ragasztási nyomás.
- Hőközlés hatására a teríték felmelegszik, és a kötőanyag megszilárdul.

Ez utóbbi folyamat az, ami meghatározó a kész lemeztermék minőségét illetően. A lejátszódó folyamatot leginkább befolyásoló paraméterek a présidő, a présnyomás és a préselési hőmérséklet. Ezek közül kiemelkedik a présidő és a hőmérséklet, ezeket célszerű együtt vizsgálni. Adott hőmérséklet mellett azt a minimálisan szükséges időt kell meghatározni, amikor a teríték középsíkjában kialakuló hőmérséklet is eléri a ragasztó kikeményítéséhez szükséges értéket. A ragasztó megszilárdu-

lásához szükséges hő biztosítása többféle módon valósítható meg.

A leggyakrabban alkalmazott megoldás, mikor kontakt melegítéssel történik a teríték felfűtése. Ekkor a hő a fűtött préslap felületéről áramlik a teríték szimmetriasíkja felé. A külső felület nagyon gyorsan eléri a kötéshez szükséges hőmérsékletet, azonban a középsíkban ez csak bizonyos idő eltelté után jelentkezik. Ezzel a kérdéssel Kull behatóbban foglalkozott, aki a teríték felmelegedéséhez és a végtermék megszilárdulásához szükséges időtartamot négy szakaszra osztotta fel (Kull 1954). Elméletében feltételezi, hogy a két fűtőlap azonos hőmérsékletű. Ezen szimmetria miatt elegendőnek tartja a teríték középsíkjáig való vizsgálatot. A középsíkot mint hőszigetelő réteget veszi figyelembe, amelyen túl a hő nem tud haladni, hanem ott fokozatosan felhalmozódik.

A préselés első szakasza Kull értelmezésében addig tart, amíg a felületi hőmérséklet eléri a préslapok hőmérsékletét, tehát hőgradiens alakul ki a felület és a belső részek között. Mikor a beáramló hő eléri a teríték szimmetria síkját, mivel azon túlhaladni nem képes, a továbbiakban közölt hőmennyiség már az első szakaszban kialakult hőmérsékleti gradiens csökkentésére, leépítésére fordítódik. Ez a folyamat egészen addig tart, míg a belső hőmérséklet el nem éri a terítékben levő nedveség elpárolgató hőmérsékletét, mivel akkor már a hő egy része a víz elpárolgására fog fordítódni, és a maradék fogja csak a préselendő anyag felmelegítését szolgálni. Így a meghatározott időszükséglet az [1] képlet szerint alakul:

* Bittmann László tanszéki munkatárs NyME Fa- és Papírtechnológiai Intézet

$$T = \frac{3 \cdot d^2 \cdot \rho_u}{\lambda} \cdot \left[c \cdot \left(\frac{1}{2} + \ln(t_p - t_t) - \ln(t_p - t_k) \right) \cdot c_v \frac{U \cdot n^2}{(t_p - t_v) \cdot (1+U)} \right] + t_4 \quad [1]$$

ahol:

- t_p – a préslap hőmérséklete [K°]
- d – a terítékvastagság fele [m]
- c – fajhő [J/(kg K°)]
- λ – hővezetési tényező [J/(s m K°)]
- t_t – a teríték kezdeti hőmérséklete [K°]
- ρ_u – a préselt anyag sűrűsége U nedvességtartalom mellett [kg/m³]
- t_k – a ragasztóanyag kötéséhez szükséges alaphőmérséklet [K°]
- c_v – a víz fajhője [J/(kg K°)]
- t_v – a víz elpárolgási hőmérséklete [K°]
- U – a teríték nedvességtartalma [%]
- n – a terítékben lévő nedvesség mennyiségéből gőzzé alakuló hányad
- t_4 – a műgyanta kikeményedéséhez szükséges idő [s]

Ebből kitűnik, hogy egyáltalán nem egyszerű folyamatról van szó. Ezen publikáció célja olyan, jelenleg ismert présidő csökkentési lehetőségek számba vétele, amelyek kiindulási alapot jelenthetnek az ilyen irányú további kísérleti munka során.

Présidő csökkentési lehetőségek a forgácslapgyártásban.

A lehetséges módszereket Cziráki (1967) alapján foglaltuk össze:

- A préselési hőmérséklet növelése.
- Gőzütéses préselési eljárás alkalmazása.
- Vízfelhordással történő felületnedvesítés.
- Magasabb nedvességtartalmú fedőforgács alkalmazása.
- Előmelegítés préselés előtt.
- Nagyfrekvenciás fűtéssel történő préselés.
- Kombinált fűtési eljárás alkalmazása.
- A ragasztó kikötési idejének csökkentése.

A fenti eljárások mellett fontos megemlíteni a gőzinjekciós eljárást, amely egyre jelentősebb szerephez jut a modern gyártástechnológiákban.

A továbbiakban röviden áttekintjük az egyes módszerekben rejlő lehetőségeket.

A préselési hőfok növelése

Megnövelt préselési hőmérséklet esetén nagyobb lesz a teríték felülete és középsíkja között kialakuló hőmérsékleti gradiens, emiatt felgyorsul a két rész között a hőmérsékletkiegyenlítődés folyamata, valamint a magasabb hőmérséklet hatására gyorsabb lesz a ragasztó kikötési folyamat is. Ennél a lehetőségnél azonban meg kell említeni, hogy csak korlátozott mértékben van rá lehetőség, mivel 200 °C feletti hőmérsékleten nem célszerű forgácslapot préselni, mert az már a felületi réteg károsodásához vezetne, a jelenlegi technológiák pedig már nagyon megközelítik ezt a határértéket.

Gőzütéses eljárás felületi nedvesítéssel

A módszer kidolgozása Klauditz (1958) nevéhez fűződik, aki a préselendő paplan felületére vizet permetezett, amely gyors gőzzé alakulásának, majd belső kondenzációjának segítségével biztosította a középső rétegek gyorsabb felmelegítését. Az eljárás lényegében a korábban ismertett hőmérsékleti gradiens jelenségét használja fel. A hirtelen keletkező gőz környezetében magasabb nyomású tér alakul ki, ami viszont a préslap irányába nem tud kiegyenlítődni, ezért a laza szerkezetű belső részek fele fog terjeszkedni. A hőáramlás tehát a gőz áramlásával valósul meg, azonban tekintettel kell lenni arra, hogy az így felhordott vízmennyiség ne jelentsen problémát a forgácsok nedvességtartama szempontjából.

Gőzütéses eljárás nagy nedvességtartalmú felületi forgácsok alkalmazásával

A Klauditz féle módszerhez hasonló eljárást Fahrni dolgozta ki, aki viszont nem az utólagos nedvesítéssel próbálkozott, hanem a felületi forgácsok nedvességtartalmának már eleve magasabb határt szabott, kb. 20 %-os értékben állapítva meg azt. Az eljárással csökkenthető a forgácsok szárítási ideje fedőréteg esetében, mivel a végleges nedvességtartalmi érték elérése a préslapok között történő nedveségtávozás során valósul meg. Ez a megoldás csak a gőzképződést figyelembe véve kevésbé hatékony, mivel itt nem szabad víz elpárolog-

tatásáról van szó, ezért ha a préslap közvetlen közelében megfelelő sebességgel játszódik is le a folyamat, a távolabb fekvő forgácsok esetében viszont jóval hosszabb ideig tart. Ez présidő növekedést jelent a felület utólagos nedvesítésével járó módszerhez képest.

Túlhevített gőzinjektálásos préselési eljárás

A módszer hasonló elven működik, mint a már korábban említett, felületnedvesítést alkalmazó gőzütéses eljárás. A hő egy részét gőz közvetíti túlnyomás alatt, azzal a különbséggel, hogy az itt felhasznált gőzt nem a forgácsok nedvesítése segítségével állítjuk elő, hanem túlhevített vízgőzt fűjnek a perforált préslemezekon keresztül a terítékre. Az itt alkalmazott gőz nyomása 4-6 N/mm², míg hőmérséklete 140-160 °C. Természetesen ez a technológia a közvetlen gőzbefűvésnek köszönhetően gyorsabb a felületi nedvesítést alkalmazónál, mivel a felületi nedvesség gőzzé alakulásához szükséges idő kiiktatható a folyamatból. Az eljárás további előnye, hogy a préselés későbbi szakaszaiban a gőz vákuum segítségével jóval gyorsabban eltávolítható, mint a hagyományos hőpréselési eljárás esetében.

Előmelegítés alkalmazása préselés előtt

Az előmelegítés préselés előtti alkalmazása elméleti szempontból kedvező lehetőséget jelent a présidő redukálása szempontjából. Gyakorlati megvalósítása a fűtött előprés. Az előmelegítés során nem szabad 90 °C-t meghaladó hőmérsékletet alkalmazni, mert e felett megindul a ragasztó kikeményedési folyamata. Az ezt követően présbe került teríték tömörítése során a már kialakult kötések roncsolódnának, ezáltal a lemez jelentős szilárdságcsökkenését okozva. További követelmény a teríték teljes keresztmetszetben történő viszonylag egyenletes felmelegítése, ami nagyfrekvenciás módon történhet. Erre több eljárás ismert.

Nagyfrekvenciás melegítéssel történő préselés

Az ilyen rendszerű melegítés jelentősége a ragasztás mellett ma különösen a szárítás területén jelentkezik, ahol mint kombinált eljárás kerül alkalmazásra. A nagyfrekvenciás melegítésnek elsősorban a nagyobb vastagsági mérettel

rendelkező, valamint az idompréselt termékek esetén van kiemelkedő jelentősége. Előbbiek-nél ez a belső részek felfűtésének nehézségére, míg utóbbiaknál technológiai, gépészeti okokra vezethető vissza.

Nagyfrekvenciás melegítésnél kondenzátor-fegyverzetek közé helyezik a dielektrikumot, melyben dipól molekulák és szabad ionok egyaránt megtalálhatók. Ezek az elektromágneses hatás következtében rendeződni igyekeznek. A pozitív töltésű részek a negatív fegyverzet irányába, a negatív töltésűek pedig a pozitív fegyverzet irányába igyekeznek rendeződni. Ha a kondenzátor fegyverzetei között váltogatjuk a töltés előjelét, a molekulákat és az ionokat a frekvencia nagyságának megfelelő intenzitású rezgésre kényszerítjük, amely mozgás hőt gerjeszt az anyagban. Itt tehát nem kívülről kell a szükséges hőt közölni, hanem az magában a terítékben keletkezik.

A forgácsok, valamint a ragasztóanyag nedvességtartalmának következtében a teríték nem tekinthető tökéletes szigetelőnek, emiatt vezetési árammal is számolni kell, ami szintén hozzájárul a hő termelődéséhez. A melegítést 100 °C-ig érdemes végrehajtani. Igaz ugyan, hogy magasabb hőmérsékleten felgyorsul a ragasztó kikeményedése, azonban ekkor sok energia fordítódik a nedvesség elpárologtatására, és a hőmérséklet csak ennek megtörténte után fog tovább emelkedni. Ez semmi esetre sem hasznos a préselési idő minimalizálása szempontjából.

A hőpréselési idő csökkentésére irányuló hazai kísérletek

A NyME Lemezipari Tanszékén már korábban folytak vizsgálatok forgácslapokkal kapcsolatban a présidő csökkentési lehetőségeket illetően. Ezek a szakaszos gyártási eljárás meggyorsítását célozták meg. A kísérletekhez felhasznált forgács az iparból származó, ott felhasznált fenyő alapanyag volt.

Három rétegű lemezek előállításra volt a cél, melyeknek a fedőrétege 5 %-os, közép-rétege pedig 3 %-os nedvességtartalomra lett beállítva. Az alkalmazott ragasztóanyag AMIKOL 50 jelölésű karbamid alapú műgyanta volt, melyből a fedőrétegbe 11%, a középrészbe pedig 8% került. Edzőként ammónium-klorid

1. táblázat – Kontakt, gőzütéses préseléssel készített forgácslapok hajlítoszilárdsági értékei

Préselési		Felhordott szabad víz (g/m ²)	Hajlítoszil. σ_h (N/mm ²)
hőmérséklet (°C)	idő (min)		
170	5	75	20,8
170	5	100	20,2
170	5	150	19,3
170	5	200	15,4
180	5	75	20
180	5	100	19,6
180	5	150	19,9
180	5	200	18,3
190	5	75	17,2
190	5	100	18,1
190	5	150	19,9
190	5	200	19,2
170	4	75	20,6
170	4	100	20,7
170	4	150	23,3
170	4	200	17,5
180	4	75	23,6
180	4	100	22,4
180	4	150	22,1
180	4	200	21
190	4	75	22,9
190	4	100	20,4
190	4	150	22,1
190	4	200	26
170	3,5	75	20,1
170	3,5	100	22,1
170	3,5	150	23,9
170	3,5	200	23,4
180	3,5	75	25
180	3,5	100	20,6
180	3,5	150	17,7
180	3,5	200	18,9
190	3,5	75	16,5
190	3,5	100	21,1
190	3,5	150	19
190	3,5	200	19

(NH₄Cl) került felhasználásra, 1% mennyiségben. Az előállított forgácslapok 19 mm vastagúak voltak, sűrűségük 700 kg/m³.

Az átfogó vizsgálat sorozatból három kombinált eljárás eredményét érdemes kiemelni, és az ezekhez tartozó adatokat elemezni. Az értékelésnél a lemezek hajlítoszilárdságát vesszük alapul, mivel ezeknél a lapoknál a hajlítás a legjellemzőbb igénybevétel (Winkler 2000).

2. táblázat – Kontakt és nagyfrekvenciás melegítéssel gyártott lemezek hajlítoszilárdsági értékei

Préselési		Hajlítoszilárdság σ_h (N/mm ²)
hőmérséklet (°C)	idő (min)	
100	15	24
100	13	17,5
100	11	15,5
100	9	17
110	15	25,6
110	13	15,8
110	11	14,2
110	9	14

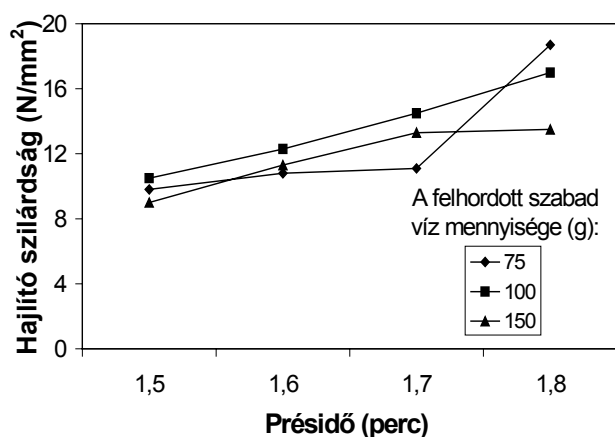
A kontakt fűtési eljárással és gőzinyjektálással készített forgácslapok adatait az **1. táblázat** tartalmazza. Megfigyelhető, hogy jó hajlítoszilárdsági értékek érhetőek el a legalacsonyabb hőmérséklet (170 °C), legkevesebb felhordott vízmennyiség és öt perces présidő esetén. Ha a présidő csökken, célszerű a hőmérsékletet és a felhordott szabadvíz mennyiséget növelni. 180 °C mellett négy és három és fél perces présidőnél 100 g/m² vízmennyiség esetén szintén jónak mutatkoznak a szilárdsági értékek. A hőmérséklet további emelése esetén magasabb szilárdság 150 g/m² szabad víz alkalmazásánál jelentkezik, ami arra enged következtetni, hogy ez bizonyos mértékben kompenzálja a forró préslapok káros hatását, valamint fokozottan hozzájárul a középső részek gyorsabb felmelegedéséhez.

A kontakt és nagyfrekvenciás eljárás együttes alkalmazásánál, amint ez a **2. táblázat** adataiból is kitűnik, viszonylag alacsony hőmérsékleten történt a lemezek előállítása. Természetesen magasabb hőmérsékletekkel a préselési idő csökkenthető lenne, ennél az eljárásnál azonban a középső rétegek felmelegítése nagyfrekvenciás úton történik, ami szintén biztosítja a ragasztó kikeményedéséhez megfelelő hőmérsékletet.

A magas hőfokú kontakt és nagyfrekvenciás fűtés gőzütéses eljárással kombinálva igazolja, hogy a három különböző módszer előnye érvényesíthető. Az ilyen irányú vizsgálatok eredményeit a **3. táblázat** és az **1. ábra** mutatja be. A kontakt melegítésnek köszönhetően a felületi rétegek felmelegedése pillanatok alatt végbemegy. A felhordott víz gőzzé alakulva a felületről befele áramolva, majd kondenzálódva

3. táblázat – Kontakt, nagyfrekvenciás és gőzütéses préselési eljárással gyártott lemezek hajlítószilárdsági értékei

Préselési		Felhordott szabad víz (g/m ²)	Hajlítószil. σ_h (N/mm ²)
hőmérséklet (°C)	idő (min)		
180	1,5	75	9,8
180	1,6	75	10,8
180	1,7	75	11,1
180	1,8	75	18,7
180	1,5	100	10,5
180	1,6	100	12,3
180	1,7	100	14,5
180	1,8	100	17
180	1,5	150	9
180	1,6	150	11,3
180	1,7	150	13,3
180	1,8	150	13,5



1. ábra – Kontakt, nagyfrekvenciás és gőzütéses préselési eljárással gyártott lemezek hajlítószilárdsági értékei 180 °C hőmérsékleten

fűti a közbenső rétegeket, míg a lemez középsíkjából kifelé a nagyfrekvenciás fűtés biztosítja a kötéshez szükséges hőmérsékletet.

Összefoglalás

Szakaszos gyártási eljárással készült forgácslapok esetén a kontakt fűtési eljárás valamely más módszer, vagy módszerek kombinációjával mindenképp lehetőséget biztosít arra, hogy ezen gyártástechnológia alkalmazása mellett is csökkenthessük a présidőt. Érdeemes azonban megjegyezni, hogy mai korszerű technológiáknál egyre inkább előtérbe kerülnek a folyamatos gyártási eljárások, amelyek szintén új lehetőséget jelenthetnek. A NyME Lemez-ipari Tanszékén folyamatba helyezett kísérlet-sorozattal különböző falemezek készítése során vizsgáljuk a hő terjedését és a hőmérséklet eloszlást a hőpréselés alatt. Célunk olyan préselési idők meghatározása, amelyekkel nagy biztonsággal, gazdaságosan készíthetők a falemezek.

Irodalomjegyzék

1. Cziráki J. 1967. *A nagyfrekvenciás (rádiófrekvenciás) előmelegítés, illetve fűtés elméleti és gyakorlati kérdései a faforgácslapok gyártási présidejének csökkentésében.* Kandidátusi értekezés, EFE Sopron.
2. Klauditz, W. 1958. *Bericht über die Sitzung des Arbeitsausschusses „Entwicklung und Herstellung von Holzspanplatten.“* Braunschweig.
3. Kull W. 1954. *Párhuzamos felületű anyagok hevítése fűtőlapok között.* München
4. Winkler A. 1998. *Fa forgácslapok.* Dinasztia Kiadó, Budapest.
5. Winkler A. 2000. *Forgácslapgyártás.* In: Molnár S. szerk. Faipari kézikönyv I. Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron.