



PARADIGMA VÁLTÁS A FAANYAGOK HAJLÍTÁSÁBAN

TÓTH SÁNDOR LÁSZLÓ DR., CSC, c. egy.tanár

E-mail: toth.sandor.laszlo.43@gmail.com; sandor.toth9@gmail.hu

DOI: <http://doi.org/10.23716/MTT.5.2022.29>

Absztrakt

A faanyagok lágyítás utáni hajlítását már az ókorban ismerték. Kínában a Ming dinasztia (14.–16. szd.), sőt már a Koreából, a Silla Királyság idejéből (7. szd.) ismerünk hajlított karfájú karosszékeket. A hajók bordáinál is a hő és víz együttes hatását hasznosították a faanyag lágyításánál. A kettős hatás következtében a faanyag sejtszerkezetében a sejtek közötti kötőszövet meglágyul, engedí elcsúszni egymáshoz képest a magas cellulóztartalmú, szilárdítást biztosító farostokat és egyéb szöveteket; a faanyag hajlítható válik.

A 19. században a tűzifának használt bükkfa (*Fagus sylvatica*) lécek ipari hajlítását és ezekből sorozat gyártású bútorok készítését Thonet, Michael (1796–1871) szabadalmaztatta Bécsben (1856). Magyarországon a 19. és 20. század fordulóján ezzel az eljárással 13 bútorgyár működött. A 20. század elején szabadalmak születtek a faanyagok hőkezelése és hosszirányú összenyomása utáni hidegen hajlítására. Ennek során a fában a szállító edények, a tracheák fala hullámossá válik, összegyűrődik. A hosszirányú tömörítés utáni hidegen hajlítás ipari alkalmazására azonban 20. század végén ill. 21. század elején került sor.

Kulcsszavak: Faanyagok, Termo- higro-mechanikai modifikáció, Hajlítás

Bevezetés

A paradigmának, mint nézetnek a változását a következőkben az egyik vizsgált területemen, a faanyagok hajlításának technikatörténetén mutatom be.

Ismert, hogy a homogén, és nemcsak a homogén anyagok hő hatására általában meglágyulnak: a rudak hajlíthatóvá, a lemezek formázhatóvá válnak. Az eljárás faanyagoknál is működött évszázadokon át a kézművességben.

Történelmi példák

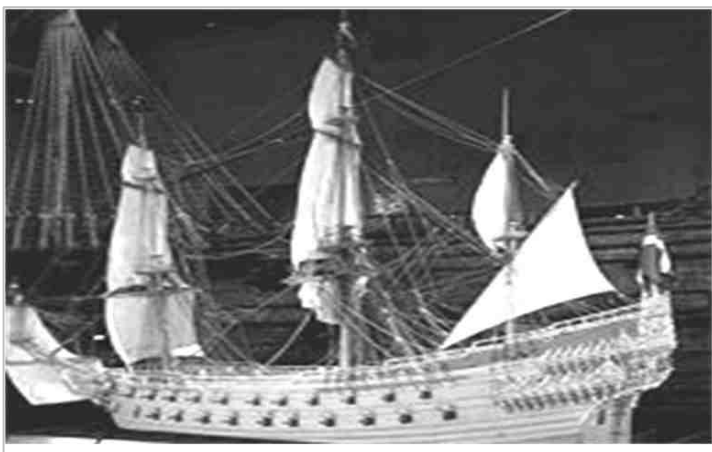
Nézzünk most néhány történelmi alkalmazást, példát a faanyagok: falécek, lemezek hajlítására (először az 1. ábrán).



1. ábra. Karosszék. Korea, Silla királyság, 7. század.

Korábban úgy tűnt, hogy az 1. ábrán látható karosszék, amelynek hajlított karfája és háttámasza van Kínából, a Ming dinasztia (1368–1644) idejéből származik. Hasonló karosszéket láthattunk azonban a koreai Silla királyság idejéből, a 7. században játszódo, 2009-ben készült Dél- koreai történelmi filmsorozatban (angol neve: The Queen Soendok vagy The Great Queen Soendok), amit „A Silla királyság ékköve” címen vetítettek 2019–2020-ban a Magyar Televízió egyik csatornáján. A sorozatot nézve megfigyelhető volt, hogy a karosszékek nem egészen voltak egyformák, ami a készítés kézművességére utal.

A másik alkalmazás: a fagerendáknak hajóbordávé hajlítása.



2.ábra. Vasa svéd hadihajó (17. század) Vasa Museet ismertető, kb. 2000

Az 1686-ban készült, még abban az évben elsüllyedt és 1961-ben kiemelt svéd hadihajó, a Vasa köré épített múzeumban Stockholmban láthattunk képet arról, hogy hogyan tették ívessé a hajó bordáit: a gerendát egy nehéz alaphoz kicövekelték, faforgáccsal alátüzeltek, felülről, meg oldalról vízzel öntözték és csigasorokkal fokozatosan a hajlítás irányában meghúzták a gerenda végét, cövekekkel rögzítették. Majd a köteleket tovább húzva elérték a megkívánt görbületet és úgy hagyták megszáradni.

Egy ma is alkalmazott eljárás, a hordódongák hajlítása

A főleg borok tárolására készített tölgyfa (*Quercus* sp.) hordók hasasságukat a hordódongák hajlításának köszönhetik. Az eljárás során a „szoknyába” állított dongák között, a leendő hordó közepén faforgácsból tüzet raknak, a dongapalástot kívülről vízzel öntözik, majd kötéllel vagy lánccal összehúzzák. Az így hajlítható vált dongákat további abroncsok rákalapálásával rögzítik.

Érdekességképpen jegyzem meg, hogy ezek a hordók éppen hasasságuknak köszönhetően, még tele állapotban is könnyen mozgíthatók, guríthatók. Az egy mázsás négyszögletes ládát egy felnőtt ember igen nehezen tudja megmozdítani, míg egy hasonló tömegű hordót gyakorlatilag egy gyerek is odébb tud gurítani.



3. ábra. Fahordó abroncsozása. A „szoknyában” ég a tűz. [Trust Hungary, 2008]

A melegen hajlítás magyarázata a faanyagok felépítésében, a víz és a hő együttes hatásában rejlik. Nézzük most meg először a faanyagok felépítését!

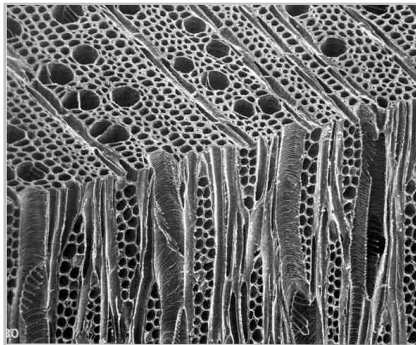
A faanyagok sejtszintű felépítése

Előljáróban meg kell jegyezni, hogy a faanyag inhomogén, anizotróp anyag. Erre vezethető vissza, hogy külső hatásokra, pl. nedvesség, hajlítás, a tér mindhárom irányában kissé másképpen viselkedik. Talán meglepően hangzik, de az élőnedves faanyagból nedvességelvonás esetében, annak zsugorodása az anatómiai iránytól függően 0,2 %-tól 18 %-ig is terjedhet.

Tudjuk, hogy — leegyszerűsítve — a faanyag építőkövei a rugalmas cellulózzá és az azt kitöltő lignin: szokták a vasbetonhoz hasonlítani, ahol a cellulóz a vasváz, a lignin a beton.

De hogyan is néz ki a faanyag sejtszintű felépítése? A 4. ábrán a liliomfának nevezett magnólia (*Magnolia grandiflora*) térbeli metszete látható, ahol az élőfában függőlegesen, u.n. szálirányban a víz- és tápanyag szállítását a nagylukú csöveknek látszó tracheák (edények) végezték a kisebb lukú farostokkal körbe véve, míg a vízszintesen haladó kisebb csőcsoportok az u.n. bélsugarak, a keresztirányú szállítás, a sugár irányú növekedés eszközeiként funkcionáltak.

A kézművesség korában a hajlításhoz a faléceket gyakorlatilag megfőzték. Ezt úgy képzeljük el, hogy egy csövet egyik végén ledugaszolunk, vizet öntünk bele, majd behelyezzük a hajlítandó faléceket. Utána ledugózzuk a cső másik végét, majd az egészet majdnem a víz forrásáig melegítjük. A forró víz hatására a faanyagban a sejtközi állomány kötőanyaga fellazul, a kötések részben felszakadnak, a faanyagok nagy része szál-, ill. rostirányára merőlegesen hajlíthatóvá válik.



4. ábra, A faanyag sejtszintű felépítése 180 x [Magnolia, BUTTERFIELD és tsai 1997]

Eddig a kézművességről. A faanyagok hajlításában az 1. paradigmaváltást, a melegen hajlítás iparivá válása jelentette.

Iparszerű hajlítás – Thonet bútorok – 19. század

Thonet Michael (1796–1871) a Rajna menti boppardi, majd bécsi asztalos 1842-ben, ill. 1856-ban szabadalmaztatta részben gépesített eljárását, amelyben tömörfa lécekből csereszabatos hajlított bútoralkatrészeket, majd ezekből ülőbútorokat állított elő az addig csak tüzelőanyagként tekintett bükk fájából. A cég 1912-ben 1,8 millió darab bútort gyártott [WEGESACK, 2009: 9]. A Kárpát medencében nőtt bükkfa (*Fagus sylvatica*) kiválóan bizonyult erre a célra. Két ilyen bútort mutatunk a 5. ábrán: a legismertebb Thonet hintaszéket és a 14. számú széket. Ebből a széktípusból a Thonet gyárak a tengerentúlra is szállítottak. Említésre érdemes, hogy egy 1 m³-es ládában 36 db szék alkatrészét tudták elhelyezni, szállítani [WEGESACK, 2009: 39]

Tudjuk, hogy a 19. század végi Magyarországon 13 Thonet gyár működött (ma egy, Debrecenben, a Sellaton Rt.). Bútorgyártat említünk, ahol megvalósult a tömeggyártás az addig kézműves asztalos mesterségben. Abban az időben, a 19. században ez jelentette a technikatörténeti áttörést, ami az 1. paradigma váltásnak tekinthető.

Mindeddig a tömörfa (Massivholz, Solid wood) hajlításáról volt szó. Létezik azonban egy másik eljárás, amelynek során vékony farétegeket ragasztóval bekenve egymásra, majd meghajlítva sablonba helyeznek. A ragasztó megkötése után az idom a sablonból kivéve megtartja alakját. Ez a rétegelt-ragasztott hajlítási eljárás.



5. ábra. Thonet karosszék és a híres 14. számú szék (Wegesack, 2009)

A rétegelve hajlítás – 20. század

A 20. század közepén IKEA áruházi bútorokkal kerültek be a hazai bútorforgalomba a rétegelve hajlított ülőbútorok, majd a hazai iparba a rétegelve hajlítási eljárás. Ezt a technikát az 1970-es évektől a hazai bútorgyárak is alkalmazták; először a Budapesti Bútoripari Vállalat (BUBIV), majd a Balaton Bútorgyár. Ez utóbban ma is készülnek ilyen bútorok.

Mindeddig a faanyagok T-H-M (Thermo-Higro-Mechanical) meleg hajlítási eljárásról írtunk. Ennek során a megfelelően előkészített; meglágyított, majd meghajlított faanyag; a faléc, bútoralkatrész a gyárban megkapta alakját, végleges formáját. Vannak azonban olyan felhasználási területek, ahol a beépítés helyszínén kell a faanyagot a megkívánt formára hajlítani. Gondoljunk csak egy körfolyosós lépcsőházi korlát kapaszkodóra, vagy helyszíni szereléssel kialakított kiállítási installációra. A megoldás a faanyagnak olyan hidegen hajlítása jelenti, ami után az idom megtartja alakját. Ez azonban csak a faanyag előzetes tömörítésével valósítható meg.



6. ábra. Rúgózó karosszék (BUBIV Termékismertető, 1996)

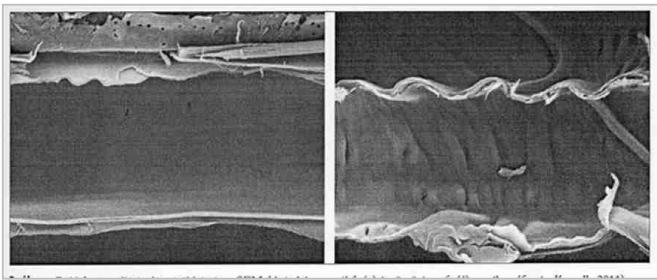
Faanyagok tömörítése, a 20. század

Hanemann 1917-ben szabadalmaztatta a rostirányú tömörítésen alapuló hajlítást. A Magyar-Amerikai Faipari Rt. 1927-ben az eljárást és a berendezést is levédette. *Barlai Ervin* a Faipari Kutató Intézetben (1955) az akácfa hajlíthatóságával foglalkozott hordógyártás céljára. *Szőke Balázs* az 1960-as években a Textilipari Fakellégyártó Vállalatnál termo-mechanikai rostra merőleges tömörítéssel és paraffin modifikációval készített textilipari vetelőket.

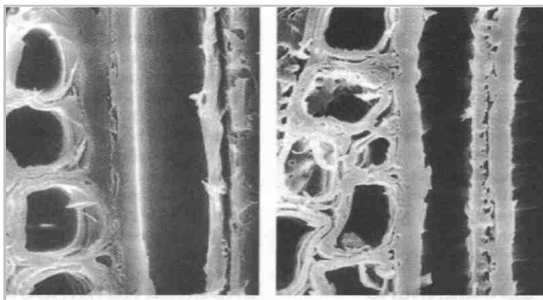
A faanyag anizotrópiájából eredően csak rostokra merőlegesen hajlítható. Azonban azt is tudjuk, hogy összenyomható, de a húzást nem bírja és emiatt hajlításnál a húzott oldal szakad szét.

A hidegen hajlítás

A faanyagok hidegen hajlításának egyik feltétele, a sejtek összenyomása. Ez valójában egy T-H-M modifikáció, amelynek során először a faanyagot meg kell lágyítani. A hőkezelés és a fában lévő víz (fanedvesség) együttes hatására a sejtek közötti, főleg lignint és hemicellulózt tartalmazó kötőszövet meglágyul, a tömörítés során a szilárdító farostok el tudnak csúszni egymáshoz képest, meggyűrődnek. Sőt, a szállító sejtek, a tracheák is összenyomódnak és faluk meggyűrődik [BÁDER, 2015].



7. ábra. Bükkfa edényéről készített SEM felvételek normál és tömörített faanyag esetében [KUZSELLA, 2011]



8. ábra. Ép és összenyomott bélsugársejtek a tömörített bükk faanyagában [BUCHTER ÉS TSAI, 1993]

A 8. ábra bal oldalán az összenyomás előtti bélsugársejtek mikroszkópikus felvétele, jobbra az összenyomás utániak láthatók.

A tömörítést követően a faanyagot lehűtik, a kötőszövet megszilárdul, ennek ellenére a munkadarab hajlékony marad, s ebben az állapotában tárolható is. A hajlításnál a hideg faanyag már elviseli a húzási igénybevételt is, nem törik el. Készíthető belőle csigalépcső fogódkodó, bútoralkatrész, akár hengeres, ill. spirálrugó is. Létezik már olyan talpbetét tömörített vékony falemezből, amit kézzel a talphoz igazítanak (hajlítanak). A zenekari kisvonósok számára a hegedűre rögzíthető válltámasz említendő meg, amit a zenész maga alakíthat a megkívánt alakra a faanyagnak még nedves állapotában; ezek a darabok kiszáritva megtartják alakjukat.

Magyar szabadalom [SZABÓ ÉS TSAI, 2015] is született: a hengeres farugó, amely ugyanúgy rugózik a matracokban, mint az acélrugó. Ez azonban nem mágneseződik, nincs elektro szmog. Általában a rostirányú tömörítéssel előállított faanyagok nem tartalmaznak kémiai adalék anyagokat, belőlük környezetbarát termékek készíthetők, sőt az egészségügyben is felhasználhatók.



9. ábra. "Fából vaskarika" - farugó [BÁDER, 2016; BIO-TEXTIMA, 2015]

Összefoglalás

Az első paradigmaváltás a 19. század közepén következett be a kézműves bútorkészítésben, amikor is az addig csak tűzifának tartott bükk fájából tömeggyártással hajlított ülőbútorok készültek. A falécek szükséges hajlítását a Thonet eljárás, a gőzben lágyítás, a termo-higro-mechanikai ipari technika tette lehetővé.

A 20. század elejéről származóan a hosszirányú tömörítést követő hideg hajlítási eljárás tekinthető a második paradigmaváltásnak, amikor megdőlt az a szemlélet, hogy a faanyagok csak melegen hajlíthatók. A század végétől vált ipari gyakorlattá a faanyagok tömörítéses, hidegen hajlítása a beépítés, felhasználás helyszínén.

Changing of paradigmas in the bending of wood

The bending of wood after plastification was already known in ancient times. We know armchairs from China from the time of the Ming dynasty (14–16th century), and from even earlier, from Korea, the Kingdom of Silla (7th century). The plastification of wood was utilized using the joint impact of heat and water to bend the wood for ship staves. Due to the double impact, the connective tissue between cells gets plastified and the fibres and other tissues containing high level of cellulose can slip on one another side by side. Thus, the wood can be bent.

In Vienna Michael Thonet (1796–1871) patented the bending of beech wood (*Fagus silvatica*) that was otherwise used as firewood at the time and he launched the mass production of bent wood furniture. In Hungary at the turn of the 19th and 20th centuries, there were 13 factories using this procedure. At the beginning of the 20th century, the cold bending of wood after hygro-thermo-mechanical (HTM) plastification and longitudinal compressing was patented. During such procedure, the cell wall of the wood vessels (tracheas) become wavy and crumpled. Yet this cold bending HTM method was only applied in the industry at the end of the 20th century and at the beginning of the 21st century.

Keywords: Wood materials. Thermo-hygro-mechanical modification, Bending of wood

Irodalom

BÁDER M.: Hosszírányú tömörítés, *Magyar Asztalos és Faipar*, 26. évf. , (2016) 9. sz: 63–65.

BÁDER M. – NÉMETH R. – ÁBRAHÁM J.: Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése, Overview of the Theoretical and Practical Issues of Longitudinally Compressed Wood. *Faipar* 63. évf. (2015, 2016) 1-2.sz.: 1–65.

BARLAI E.: Az akác ipari felhasználhatósága, *Erdészeti Lapok* 97. évf. (1955) 2. sz.: 61–64.

Bio-Textima, Termékismertető, 2015.

BUCHTER. J. – ADELHOEJ J. – LJOELLRING J, – HANSEN O.: Introduction to Compressed Wood, Danish Technological Institute, Department of Wood and Furniture, Taastrup, Dánia, 1993.: 2–32. in Bader 2015.

BUTTERFIELD B.G. – MEYLAN B.A. – PESZLEN I.M.: A fatest háromdimenziós felépítése, Three dimensional structure of wood, *Faipari Tudományos Alapítvány*, Budapest, 1997: 102; Fig. 130.

HANEMANN M. (1917): Holzaufbereitungsverfahren, Deutsches Reich Reichspatent, 318197. sz. szabadalmi leírás in Báder, 2015.

Magyar-Amerika Faipari Rt.: Ejárás és berendezés hosszabb fahasábok állandó hajlékonyá tételére, Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság, 96736 sz. szabadalmi leírás: 1–2. in Báder, 2015.

KUZSELLA L: Rostirányú tömörítés hatása a bükk faanyag szerkezetére és mechanikai tulajdonságaira, Doktori értekezés, Miskolci Egyetem Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola , Miskolc, 2011: 151 in Bader, 2015.

SZABÓ I. – ECKHARD L – CZÉL GY.: Energiatároló tömörített farugó. Magyar Szabadalmi Hivatal, 226783. sz. szabadalmi leírás, 2005.: 2–5 és 9, in Báder, 2015.

SZEMEREY T.: Michael Thonet és a Thonet cég Magyarországon, *Magyar Asztalos és Faipar*, 57. évf. (2009) 8. sz.: 62–66.

SZŐKE B.: Különleges faipari technológiák. Lignoston gyártása in *Faipari kézikönyv* (Szerk.: SZABÓ Dénes) , Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1963.: 675–678.

TÓTH S.: A fafeldolgozás 1945 előtt. Fejezetek a fa- és bútorigar és az asztalosság történetéből Magyarországon a kezdetektől 1945-ig, Agroinform. Budapest, 1999:74.

TÓTH S.: A fa hajlítása, hajlított bútorok a 19. és 20. században, *Faipar*. 47. évf. (1999): 80–81.

TÓTH S. L : The bending techniques of wood in the historical view, Paper. ICHST Kongress. Budapest, 2009.

WEGESACK, A.: THONET. Hajlítottfa és csővázás bútorok, Cser, Budapest, 2009: 6,39.