dc_265_11

SZTOCHASZTIKUS ÉS DETERMINISZTIKUS MODELLEK FAALAPÚ KOMPOZITOK FEJLESZTÉSÉRE

A Magyar Tudományos Akadémia doktora cím elnyerésére benyújtott értekezés

TÉZISEI

Összeállította:

Láng Elemér Márton

Sopron – Morgantown

2011

BEVEZETÉS

A faanyag az írott történelem előtti idők óta szolgálja az emberiség igényeit. A biológiai eredetű fatest fizikai jellegében porózus, anizotróp és inhomogén. Kémiailag és anatómiailag szerves vegyületek összetett rendszeréből felépülő elemi rostok, sejtfalak, sejtek és szövetek jellemzik. Nedvszívó tulajdonságánál fogva a környezeti páratartalom és hőmérséklet függvényében méreteit és alakját jelentősen változtathatja. Ezen tulajdonságai miatt a faanyag hasznosítása, a kitermeléstől a különféle megmunkálási technológiákon keresztül a véghasználatig, minden korszakban és kultúrában megfelelő szakértelmet kívánt.

Már az ókori egyiptomi birodalom idejéből megőrződött fa tárgyi emlékek is magukon viselték az esztétikai és műszaki tulajdonságok javítására utaló törekvések jegyeit. Az évezredek során a faanyag nemesítésének gyakorlatai tökéletesedtek. Mindezek, a mai napig is kiválóan funkcionáló barokk és rokokó bútorművesség remekeivel, valamint a különféle korabeli belsőépítészeti kialakításokkal igazolhatóak. E több száz éves szerkezetekben a fellelhető rétegelt, keresztirányú furnérozás kifejezetten a méret- és alakstabilitást volt hivatott biztosítani.

A farönk, mint teherviselő, építőanyag már a kőkorszak előtti időktől – ösztönösen, később tudatosan - használatos volt. A hengeres fák, majd a fűrészelt gerendák megjelenésével, elsősorban korlátozott méreteik miatt, azok hosszabbító, szélességi és vastagsági toldásai fejlődtek és fejlődnek az ókortól napjainkig. A kezdetleges famegmunkálás (*pl. faragás, bárdolás*) melléktermékei az ág, a forgács, a kéreg és háncs elsősorban tüzelőanyagként hasznosultak. A XIX. század végén és a XX. század elején a szintetikus ragasztóanyagok megjelenésével gyors fejlődés következett be a különféle faalapú kompozit termékek kialakulásában. A rétegelt lemez, a melléktermékет hasznosító forgácslap és farostlemez mellett, az első kimondottan teherviselő, pallókból kialakított kompozit, a rétegelt ragasztott tartó széleskörű elterjedése azonban csak az 1950-es évekre tehető (Moody and Hernandez 1997). A szerkezeti, faalapú kompozitok egy későbbi változata az I-tartó a II. világháború során a repülőgépiparban került kialakításra, kihasználva a rétegelt falemezek kedvező súly/szilárdság viszonyait. Polgári alkalmazásukra viszont csak az 1960-as években került sor (Nelson 1997).

A kereskedelmi forgalomban ma megtalálható faalapú, teherviselő kompozitokat funkciójuk szerint két alapvető kategóriába sorolhatjuk. Az egyik a szerkezeti lemezek csoportja. Idetartoznak a rétegelt lemezek és az orientált forgácslapok (OSB). A pallót vagy fűrészelt gerendát helyettesítő,

tartó vagy oszlopjellegű fa és szintetikus kötőanyag kompozitok pedig magukba foglalják a laminált furnértartókat (LVL), a furnérszalag tartókat (PSL), a laminált hosszúforgács tartót (LSL) és a különféle tömörfa, falemez és/vagy LVL kombinációjából kialakított I-tartókat.

A Magyar Tudományos Akadémiára benyújtott disszertáció a fentebb ismertetett teherviselő, faalapú összetett anyagok mechanikai tulajdonságainak és viselkedésének modelljeit tárgyalja, alapanyag, termék és gyártástechnológiai vonatkozásban. A nevezett értekezés négy, egymással többnyire összefüggő, analitikai és kísérleti munka célkitűzéseit és új tudományos eredményeit az alábbiakban lehet összefoglalni.

AZ ÉRTEKEZÉSBEN TÁRGYALT KUTATÁSOK CÉLKITŰZÉSEINEK ÉS MÓDSZEREINEK RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

Az I. fejezetben leírt kutatás célja az orientált forgácsalap és/vagy az ahhoz hasonló laminált hosszúforgács tartó (LSL) terítékében a préselés alatt lejátszódó mikro- és makromechanikai folyamatainak modellezése volt. A két fázisra tagolt munka első részében a forgácsteríték virtuális meghatározását végeztük el.

A tulipánfából (*Liriodendron tulipifera*) előállított forgácsok terítékeinek méréseivel állapítottuk meg a forgácspaplan kritikus paramétereit. Az eloszlások analízise után meghatároztuk az egyes paraméterek valószínűségi eloszlás függvényeit, amelyekből a virtuális forgácsteríték generálhatóvá vált. A folytatás során egy, a hideg préselés során tapasztalható feszültség – fajlagos alakváltozási modell kidolgozása volt célunk. A korai préselési szakaszban a forgácsokat megoszló terhelésű, kéttámaszú tartóval modelleztük. A képzetes forgácsoszlopokban előre jelzett üregek záródása után a tulipánfára kidolgozott nem-lineáris fajlagos alakváltozás függvény alapján határoztuk meg a nyomófeszültség-teríték deformáció összefüggéseit.

A II. fejezet öt, kevésbé használt lombos fafajta ortotróp mechanikai tulajdonságaink feltárását ismerteti. A fával vagy faalapú kompozitokkal foglalkozó tudományos és technikai irodalom habár általánosságában bőséges, de az anatómiai irányfüggő mechanika és fizikai tulajdonságok adatbázisa azonban igencsak hiányos. A kompozitok alapanyagbázisának kiszélesítéséhez e jellemzők ismerete nélkülözhetetlen.

A vizsgálataink kiterjedtek a nyírószilárdság, nyomó rugalmassági modulus és szilárdság, valamint a dinamikus hajlító rugalmassági állandók meghatározására. A felsorolt tulajdonságok ortotróp jellegét a rostlefutás és

évgyűrű orientáció szögeinek 15º-os változtatása mellett és a késelési prizmán belüli pozíció figyelembe vételével mértük. A vizsgálatok jellegétől függően tömör próbatestek valamit hámozott műszaki és késelt színfurnérok méréseivel sikerült jelentős méretű adatbázist kialakítani. Az alapkutatás célja felölelte a létező valamit az újonnan kialakított modellek és az ezekből kialakított kombinációk alkalmazhatóságának kísérleti ellenőrzését is.

.

A III. fejezetben közölt, szimuláción alapuló modellek a laminált furnér (LVL) és furnérszalag tartók (PSL) mechanika tulajdonságainak előrejelzése céljából kerültek kidolgozásra. A kialakított modellek, az egyes elemek pozícióját és anyagtulajdonságait kísérletileg és analitikailag meghatározott valószínűségi eloszlás függvényekből generálják. A keresztmetszeti jellemzők sztochasztikus meghatározása után azok összegzésével a modellek kísérleti ellenőrzése lehetővé vált. Munkánkban a nyomó és hajlító rugalmassági állandókat vizsgáltuk szabványos méréstechnikák alkalmazásával. Mindkét modell lehetőséget nyújt a fafaj és tömörödés függő műszaki paraméterek, valamint a változó gyártástechnológia jellemzők hatásainak ellenőrzésére.

Végezetül a IV. fejezetben tárgyalt kutatás és fejlesztés célja új típusú, faalapú, összetett anyagok tervezése/kialakítása volt. Az analitikai és kísérleti munkák magukba foglalták az értekezésben közölt megelőző kutatások tapasztalatainak felhasználását, és a statisztikai gyártásellenőrzés módszereivel kidolgozott mechanikai tulajdonságok optimalizálásának modellezését.

Az innovációs termékcsoportok és technológiák felölelték a furnérollózási eselékekből kialakított szerkezeti lapok, tartóelemek és kompozit maganyagok, valamint I-tartók gerinclemezeinek fejlesztését. Az eddigiekben eltüzelt hulladék anyagok felhasználásával készült termékek mechanikai tulajdonságai igény szerint változtathatóak. A statisztika módszerein alapuló gyártmányfejlesztés lehetőséget nyújt a termékek hatékony tervezésére, valamint az optimális technológiai paraméterek meghatározására. A faalapú kompozitok alapanyagbázisának ilyen jellegű kiterjesztésével értékhozzáadott, környezetkímélő új termékek állíthatók elő.

A KUTATÁSOK ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA; AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI[1]

I. Az orientált forgácslap (OSB) konszolidációs modellezése:

1. Statisztikai módszerekkel bizonyítást nyert, hogy a kialakított szimulációs modell megfelelő pontossággal hozza létre a virtuális forgácsterítéket. A teríték kritikus paraméterei könnyen meghatározhatók valós terítékek mérési eredményeinek alapján. [23,38]

2. Megállapítást nyert, hogy a meghatározott valószínűségi eloszlásfüggvények a fafajtól, a forgácsmérettől és a terítékképzés módjától függenek. [23,38]

3. Bebizonyítottuk, hogy a középponti korlátozás tétele (CLT) sikeresen alkalmazható diszkrét véletlen változók generálására. [23,38]

4. A véletlen változók generálásával kialakított virtuális terítékszerkezeti modell könnyen módosítható és kiterjeszthető, ahogy azt más kutatók későbbi eredményei is igazolták (Lenth and Kamke 1996a, 1996b; Zombori 2001; Zombori et al. 2001).

5. Megállapítottuk, hogy a rostra merőleges irányú nyomórugalmassági modulusz (E_c) és a nem-lineáris fajlagos alakváltozási függvény ($\Phi(\varepsilon)$) határozza meg az általános feszültség – fajlagos alakváltozás függvény meredekségét a préselési szakasz második felében; míg a kidolgozott forgácslehajlási modell a préselési konszolidáció első szakaszában viszonylag megbízhatóan követi a kísérletileg mért feszültségnövekedést. [22,38]

6. Kísérletileg igazoltuk a Gibson and Ashby (1988) valamint Wolcott et al. (1998, 1990) által javasolt nem-lineáris feszültség – fajlagos alakváltozás függvény alkalmazhatóságát az inhomogén, anizotróp sejtszerkezetű faanyagra. [22,38]

7. A kidolgozott konszolidációs modellünk elsőként volt alkalmas a ragasztási felületek elégtelenségének, valamint a síkbeli sűrűségi eloszlás százalékos meghatározására.[22,23,38] A későbbiekben továbbfejlesztett modellek gyakorlatilag azonos előrejelzéseket tesznek lehetővé (Zombori 2001; Zombori et al. 2001)

8. Jelentős pontosságnövekedést sikerült elérnünk a préselés folyamán fellépő feszültség – fajlagos elmozdulás meghatározásában. Az általunk kialakított sztochasztikus/determinisztikus modell már 0,01 MPa feletti présnyomásnál szolgáltat megbízható adatokat.[22,38] A vizsgálatainkkal közel

---

[1] *Az értekezés témájából készült lényeges publikációk a listázott sorszámukkal kerültek megjelölésre. A névvel és évszámmal megadott hivatkozások a releváns szakirodalmat jelzik.*

azonos időben publikált hasonló megközelítés (Dai and Steiner 1993, 1994a,b) 1,0 MPa nyomófeszültség felett bizonyult megbízhatónak.

A konszolidációs modell a terítékképzés - fafaj és forgácsalak függő - egyenetlenségeinek kiküszöbölésében, valamint a várható energiaszükséglet meghatározásában nyújt a lemezipar számára hasznos információt. Jelentősége különösen az alacsony sűrűségű szerkezeti falemezek gyártásánál számottevő.

II. Lombos fafajok ortotróp tulajdonságainak feltárása:

9. Bebizonyítottuk, hogy a nyírószilárdság ortotrópiáját keménylombos fafajok esetében a nyírási tenzorelmélet és a módosított Hankinson képlet kombinációjával lehet a legpontosabban meghatározni. [20,46]

10. Kísérletileg igazoltuk, hogy az általunk fejlesztett, kisméretű próbatestek nyírószilárdságának vizsgálati módszere és apparátusa az eddig alkalmazott szabványos mérési módszerekkel meghatározott nyírószilárdsági adatokkal egyenértékű eredményeket produkál. [21,19]

11. Megállapítottuk, hogy a tenzoranalízis és a háromdimenziós Hankinson képlet egyaránt megfelelő módon írje le a nyomószilárdság ortotrópiáját. [18]

12. A kidolgozott kritikus nyírófeszültség kontúr lehetőséget nyújt a nyomásnak kitett, fa szerkezeti elemek várható nyírási tönkremenetelének előrejelzésére. [18,20]

13. A mérési eredmények értékelése és az analitikai munkák után arra a következtetésre jutottunk, hogy a műszaki (hámozott) furnér irányfüggő dinamikus rugalmassági állandója (E_D) bizonyos fafajokra a Hankinson egyenlet és a tenzor analízis kombinációjával írható le. [17]

14. Vizsgálataink igazolták, hogy a késelt furnér helyzete a prizmában szignifikánsan befolyásolja a furnér dinamikus rugalmassági állandóját; egyben kimutattuk a gyűrűs és szórt likacsú fafajok eltérő tulajdonságait a prizmán belüli pozíció/E_D viszonylatában. [51]

Kutatásaink jelentős adatbázist eredményeztek a lombos fafajok ortotróp mechanikai tulajdonságait tekintve. A rendelkezésre álló adatok lehetővé teszik új fafajok alkalmazását. Ezáltal a kompozit termékek alapanyag bázisának jelentős kiszélesítésére nyílik lehetőség; amelynek jelentősége a fenntartható erőművelésben valamint az alulhasznált fafajok értékes termékké történő feldolgozásában rejlik.

III. Szerkezeti kompozitok tulajdonságainak modellezése:

15. Bebizonyítottuk, hogy a szimulált keresztmetszeti jellemzők és az alapanyagok tulajdonságai alapján a laminált furnértartó (LVL) és furnérszalag tartó (PSL) hajlító és nyomó rugalmassági állandói a fő anatómiai irányokban jó közelítéssel előre jelezhetők. [16,25,26,39]

16. A keresztmetszet és jellemzőinek szimulációs meghatározása mindkét termék esetében jó egyezést mutatott a valós elemek keresztmetszeti jellemzőivel. [16,39]

17. Megállapítottuk, hogy a globális koordináta rendszertől eltérő irányítottságú elemekben a nyírás okozta alakváltozások jelentősen befolyásolják a mérhető nyomó és hajlító rugalmassági állandókat. [16,25,39]

18. Bebizonyítottuk, hogy a furnérszalag tartó elemeinek pontosabb orientációja szignifikánsan javíthatja a termék műszaki tulajdonságait. [16,25,26,39]

A kialakított szimulációs modellek látszólag kétdimenziósak, ám a program elegendő számú futtatásával és az eredmények átlagolásával teljes méretű szerkezeti elemek vizsgálhatók. Az általunk létrehozott PSL keresztmetszeti modellt más kutatók háromdimenziós térbeni modellé alakították át (Awarde et al. 2009; Awarde et al. 2010).

IV. Új faalapú kompozitok innovációja; a jellemzők optimalizálása statisztikai módszerekkel:

19. A furnér ollózásánál keletkező eselékek felhasználásával bebizonyítottuk, hogy az eddigiekben eltüzelt hulladék anyagokból értékes termékek állíthatók elő. [15,35,3652,53]

20. Fejlesztési munkánk négy termékfajta kialakítását és technológiájának kidolgozását eredményezte. [24,35,36,50,51,52,53]

21. Szabványos vizsgálati eredményeink igazolták, hogy az újonnan fejlesztett faalapú kompozitok fizikai és mechanikai tulajdonságai elérik vagy meghaladják a jelenleg kereskedelmi forgalomban lévő hasonló célú termékek jellemzőit. [29,30,35,36,50,51,52,53]

22. Igazoltuk, hogy szintetikus kötőanyagok optimális súlyaránya furnéralapú kompozitokban mintegy 8% körülire tehető. [15,35,36]

23. Kimutattuk, hogy statisztikai módszerekkel a termékek tulajdonságainak optimalizációja a fejlesztés korai szakaszában hatékonyan elvégezhető. [15,35,36]

A fejlesztés eredményeként jelentős javulás várható a faalapú kompozitok nyersanyag hasznosításnak területén. A kereskedelmi forgalomba hozatal pozitív hatása a CO_2 megkötés és a csökkentett volumenű fakitermelésben realizálódhat.

HIVATKOZÁSOK[2]

1. Arwade, A.R., P.L. Clouston and R. Winanas. 2009. Measurement and stochastic computational modeling of the elastic properties of parallel strand lumber. J. Engrg. Mech. 135(9):897-905.
2. Arwade, A.R., R. Winanas and P.L. Clouston. 2010. Variability of the compressive strength of parallel strand lumber. J. Engrg. Mech. 136(4):405-412.
3. Dai C. and P.R. Steiner. 1994a. Spatial structure of wood composites in relation to processing and performance characteristics. Part 2. Modelling and simulation of randomly formed strand layer network. Wood Science and Technology, 28(2):135-146.
4. Dai C. and and P.R. Steiner. 1994b. Spatial structure of wood composites in relation to processing and performance characteristics. Part 3. Modelling the formation of multi-layered random strand mat. Wood Science and Technology, 28(3):229-239.
5. Dai C. and and P.R. Steiner. 1993. Compression behavior of randomly formed wood strand mat. Wood Science and Technology, 25(4):349-358.
6. Gibson LJ and MF Ashby. 1988. Cellular Solids: Structure & Properties. Pergamon Press Ltd. New York, NY. 510 pp.
7. Lenth-CA Kamke-FA. 1996b. Investigations of Flakeboard Mat Consolidation. 2. Modeling Mat Consolidation Using Theories of Cellular Materials. Wood and Fiber Science, Vol. 28, Iss. 3, pp. 309-319.
8. Lenth-CA Kamke-FA. 1996a. Investigations of Flakeboard Mat Consolidation. 1. Characterizing the Cellular Structure. Wood and Fiber Science, Vol. 28, Iss. 2, pp. 153-167.
9. Moody, R.C. and R. Hernandez, 1997. Glued-Laminated Timber. In: Smulski S ed. Engineered Wood Products. A Guide for Specifiers, Designers and Users. PFS Research Foundation, Madison Wisconsin. 294 pp.
10. Nelson, Sherman 1997. Wood I-joists. In: Smulski S ed. Engineered Wood Products. A Guide for Specifiers, Designers and Users. PFS Research Foundation, Madison Wisconsin. 294 pp.
11. Wolcott, M.P., F.A. Kamke, and D.A. Dillard. 1990. Fundamentals of strand board manufacture: Viscoelastic behavior of the wood component. Wood and Fiber Science, 22(4):345-361.

[2] *Alfabetikus felsorolásban.*

12. Wolcott, M.P., B. Kasal, F.A. Kamke and D.A. Dillard. 1989. Testing small wood specimens in transverse compression. Wood and Fiber Science, 21(3):320-329).

13. Zombori, BG. 2001. Modeling the transient Effects During the Hot-Pressing of Wood-Based Composites. Ph.D. Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Va. 212 pp.

14. Zombori-BG Kamke-FA Watson-LT. 2001. Simulation of the Mat Formation Process Wood and Fiber Science 2001, Vol. 33, Iss. 4, pp. 564-579.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖREIBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK ÉS TUDOMÁNYOS PREZENTÁCIÓK[3]

Idegen nyelvű közlemények referált külföldi folyóiratokban:

15. Denes, L., E. M. Lang and Zs. Kovacs. 2005. Product Development from Veneer Mill Residues: An Application of the Thaguchi's Method. Wood and Fiber Science, 38(1):36-48.

16. Bejo, L. and E. M. Lang. 2004. Simulation based modeling of the elastic properties of structural composites. Wood and Fiber Science, 36(3):395-410.

17. Lang, E. M., L. Bejo, F. Divos, Zs. Kovacs and R .B. Anderson. 2003. Orthotropic Strength and Elasticity of Hardwoods in Relation to Composite manufacture. Part III. Orthotropic Elasticity of Structural Veneers. Wood and Fiber Science, 35(2):308-320.

18. Lang, E. M., L. Bejo, J. Szalai, Zs. Kovacs and R. B. Anderson. 2002. Orthotropic Strength and Elasticity of Hardwoods in Relation to Composite manufacture. Part II: Orthotropy of Compression Strength and Elasticity. Wood and Fiber Science, 34(2):350-365.

19. Lang, E. M. and Zs. Kovacs. 2001. Size Effect on Shear Strength Measured by the ASTM Method. Forest Products Journal, 51(3):49-52.

20. Lang, E. M., L. Bejo, J. Szalai and Zs. Kovacs. 2000. Orthotropic Strength and Elasticity of Hardwoods in Relation to Composite Manufacture. Part I.: Orthotropy of Shear Strength. Wood and Fiber Science, 32(4):502-519.

[3] *Kategóriánként kronológiai sorrendben.*

21. Lang, E. M. 1997. An Alternative Method for Shear Strength Assessment. Forest Products Journal. 47(11/12):81-84

22. Lang, E. M. and M. P. Wolcott. 1996b. A Model for Viscoelastic Consolidation of Wood Strand Mats. Part II.: Static stress-strain behavior of the mat. Wood and Fiber Science, 28(3):369-379.

23. Lang, E. M. and M. P. Wolcott. 1996a. A Model for Viscoelastic Consolidation of Wood Strand Mats. Part I.: Structural characterization of the mat Via Monte Carlo simulation. Wood and Fiber Science, 28(1):100-109.

Magyar nyelvű közlemények referált hazai folyóiratokban:

24. Dénes L., Kovács Zs. és Láng E. 2010. Új fakompozitok furnérhulladékból. GÉP, LXI (1-2):34 – 36. ISSN 0016-8572.

25. Bejó, L., Láng E., Szalai J., Kovács Zs. és Divós F. 2003. Lombos fafajok ortotrop szilárdsága és rugalmassága. II. rész: Kísérleti eredmények és következtetések. FAIPAR, 51(4):8-15.

26. Bejó L., Láng E., Szalai J., Kovács Zs. és Divós F. 2003. Lombos fafajok ortotrop szilárdsága és rugalmassága. I. rész: Elméleti alapok és kísérleti módszerek. FAIPAR, 51(2):19-25.

27. Dénes, L., Kovacs, Zs., Balint Zs. és Láng E. 2002. Színfurnérok rugalmasságának anizotrópiája - II. – Rész. FAIPAR 50(3):21-24. }

28. Dénes L., Kovács Zs., Balint Zs. és Láng E. 2002. Színfurnérok rugalmasságának anizotrópiája - I. Rész. FAIPAR, 50(2):3-7.

Nemzetközi konferenciák kiadványaiban megjelent teljes terjedelmű publikációk:

29. Denes, L., B. McGraw, J. F. Davalos, E. M. Lang, 2010. Development of a wooden I-joist using corrugated veneer web panels. Proceedings of the Conference on Processing Technologies and for Forest and Biobased Products Industries. PTF BP 2010, October 7-8. Salzburg University of Applied Sciences Kuchl/Austria, pp. 78-83.

30. Denes, L. Zs. Kovacs, E.M. Lang, J.F. Davalos, 2010. Recycling the Sliced Veneer Clippings into Value-Added Products. An International Research Effort. Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and the United Nations Economic Commission for Europe – Timber Committee. October 11-14, 2010, Geneva Switzerland. Paper WS–17: (1-7).

31. McGraw, B., Denes, L., Lang, E.M., Davalos, J.F., and Chen, A. 2010 Development of a Corrugated Wood Composite Web Panel for I-joist from Discarded Veneer-mill Residues, Proceedings of the 12th ASCE Aerospace Division International Conference on Engineering, Construction and Operations in Challenging Environments, Honolulu, Hawaii, March 14-17, 2010. pp. 452-462. ISBN 978-07844-1096-7

32. McGraw, B., Davalos, J.F., Chen A., Denes, L. and Lang, E.M. 2010. Corrugated Wood Composite Web Panel for I-joist using Discarded Veneer-Mill Residues, Proceedings of 16th US National Congress of Theoretical and Applied Mechanics (USNCTAM 2010), June 27 - July 2, Paper: USNCTAM2010-1420.

33. Denes, L., B. McGraw, E. M. Lang, J. F. Davalos, 2009: Engineered wood composite I-joists using corrugated Veneer–Polyurethane Foam Composite. In Proceedings of the 51st International Convention of the Society of Wood Science and Technology. November 10-12, 2006 Conception, Chile. pp. WS 19:1-7.

34. Denes, L., L. Bejo, E.M. Lang, Z. Kovacs 2006. The orthotropic dynamic modulus of elasticity of thick and thin veneers, and the effect of hot pressing. In: Proc. JSPS Japan and Hungary Research Cooperative Program/Joint Seminar, Akita, Japán, 2006. Okt. 16-19. pp. 152-161.

35. Lang E. M., L. Denes and Zs. Kovacs. 2006. Development of strand-type composites using statistical process control methods. In the Proceedings of ICCE-14. International Conference on Composites/Nano Engineering. July 2-8, 2006. Boulder, CO, pp. 314-315 (on CD)

36. Denes, L., E. M. Lang and Zs. Kovacs. 2004. Innovative Wood Composites from Veneer Residues. In Proceedings of the International Symposium on Advanced Timber and Timber-Composite Elements for Building. 27-29 October 2004, Florence, Italy, pp. 169-175. ISBN 88-901660-1-0.

37. Bejo, L. and E. M. Lang. 2001. Elastic properties of structural composite lumber products. A simulation model. In Proceedings of New Research Results of Wood and Fiber Science Conference, Sopron, Hungary, November 7, 2001, pp. 24-29.

38. Lang, E. M. and Wolcott, M.P. 1995. Modeling the Consolidation of Wood Strand Mat, AMD-Vol.209/MD-Vol. 60, Mechanics of Cellulosic Materials ASME 1995, pp.153-165. ISBN 0-7918-1324-X.

Hazai tudományos konferencia kiadványában megjelent közlemény:

39. Bejó László és Láng Elemér. 2001. Kompozit gerendák elasztikus tulajdonságainak szimuláció alapú modellezése. Új Eredmények a Fa- és Rosttechnológia Tudományokban. A NYME, valamint az MTA közös konferenciája. Sopron, 2001. november 7, pp. 24-29.

Külföldi nemzetközi konferenciákon elhangzott előadás vagy poszter prezentáció:

40. Denes, L., L. BEJO, E.M. Lang, Z. Kovacs 2006. The orthotropic dynamic modulus of elasticity of thick and thin veneers, and the effect of hot pressing. JSPS Japan and Hungary Research Cooperative Program/Joint Seminar, Akita, Japán, 2006. Okt. 16-19. (Előadás)

41. Lang E. M., L. Denes and Zs. Kovacs. 2006. Development of strand-type composites using statistical process control methods. In the Proceedings of ICCE-14. International Conference on Composites/Nano Engineering. July 2-8, 2006. Boulder, CO. (Előadás)

42. Denes, L., E. M. Lang and Zs. Kovacs. 2004. Innovative Wood Composites from Veneer Residues. Scientific presentation at the International Symposium on Advanced Timber and Timber-Composite Elements for Building. 27-29 October 2004, Florence, Italy. (Előadás)

43. Bejo, E. M. Lang, Z. Kovacs, F. Divos. 2001. Orthotropic strength and elasticity of hardwoods in relation to composite manufacture. Part III. Orthotropic elasticity of structural veneers. 55th annual meeting of the Forest Products Society. Baltimore MD, 2001. In Biographies & Abstracts, p. 53. (Poszter)

44. Bejo, E. M. Lang, Z. Kovacs, F. Divos. 2001. Orthotropic strength and elasticity of hardwoods in relation to composite manufacture. Part II. Orthotropy of Compression Strength and MOE. 55th annual meeting of the Forest Products Society. Baltimore MD, 2001. In Biographies & Abstracts, p. 53. (Poszter)

45. Bejo, L. and E. M. Lang. 2001. Simulation based modeling of the flexural properties of structural composites. 55th Annual Meeting of the Forest Products Society, Baltimore, MD. In Biographies & Abstracts, p. 22. (Előadás)

46. Bejo, L., Lang, E. M., Szalai J. and Zs. Kovacs. 1999. Orthotropic Strength and Elasticity of Hardwoods in Relation to Composite manufacture. Part I.: Orthotropy of Shear Strength. Poster Presentation. 53rd Annual Meeting of the Forest Products Society. Boise, ID.. In Biographies & Abstracts, p. 40. (Poszter)

47. Lang, E. M. and Wolcott, M.P. 1995. Modeling the Consolidation of Wood Strand Mat. Joint AMD-MD Summer Meeting. Los Angeles, California. June 28-30, 1995. (Előadás)

48. Lang, E. M. and Wolcott, M.P. 1995. A Model for Viscoelastic Consolidation of Wood Strand Mats. FPS 49th Annual Meeting, Portland, Oregon. In Biographies & Abstracts, p. 47. (Poszter)

49. Lang, E. M. and M.P. Wolcott. 1994. Modeling the Consolidation of Yellow-Poplar Flake Mats. FPS 48th Annual Meeting. Portland, Maine. In Biographies & Abstracts, p. 29. (Poszter)

Kutatási zárójelentések idegen nyelven:

50. Levente Denes, Elemer M. Lang, Julio F. Davalos, 2008. 1. Hybrid Structural Wood Composites Engineered from Underutilized Hardwood Species Combined with Reformulated Waste Materials. In: McNeel, JF ed. Wood Utilization Research Center; Annual Report 2008. pp. 2-7.

51. Elemer M. Lang, Levente Denes 2007. 7. Transforming Veneer-Mill Residues into Value-Added Composites. In: McNeel JF ed. Biomaterials and Wood Utilization Research Center; Annual Report 2007. pp. 49-55.

52. Lang EM, JF Davalos, L Denes 2007. 9. Hybrid Structural Wood Composites Engineered from Underutilized Hardwood Species. In: McNeel, JF ed. Biomaterials and Wood Utilization Research Center; Annual Report 2007. pp. 61-66.

53. Elemer M Lang 2006. 7. Transforming Veneer-Mill Residues into Value-Added Wood Composites. In: McNeel, JF ed. Biomaterials and Wood Utilization Research Center: 2006 Annual Report. pp. 45-50.

Hazai konferencián elhangzott előadás:

54. L. Bejó, E. M. Láng. 2003. On the Reliability of Certain Models Predicting the Orthotropic Mechanical Properties of Hardwoods. Issues of Hardwood Research and Utilization in Europe. Int. Conf., Sept. 25-26, 2003, Sopron, Hungary.

55. Bejo, L. and E. M. Lang. 2001. Elastic properties of structural composite lumber products. A simulation model. New Research Results of Wood and Fiber Science Conference, Sopron, Hungary, November 7, 2001.

dc_265_11

©Láng Elemér Márton

Sopron, Hungary - Morgantown, WV, U.S.A.

2011