

A mágneses rezonancia tomográfia gyakorlati alkalmazási lehetőségei a fűrésziparban.

I. rész: Bevezetés, alapelvek

Hargitai László, Gergely Lisette*

Practical application of nuclear magnetic tomography in wood processing. Part 1.: Introduction, theory

One of the most important factors in the sawmilling industry is wood quality, which is determined by the texture of wood. Optimal processing requires information of the internal defects to choose the best opening face and cutting pattern for the log. Nuclear Magnetic Resonance Tomography is a new non-destructive method to find internal defects and anomalies in wood. Generated MR-signal of the wood in the strong static magnetic field is captured and transformed by computer. This article introduces the theory and historic development of this technique.

Bevezetés

Magyarországon évente 8-9 millió m³ hengeresfa egyenértékű faterméket hasznosítanak, amelynek 20%-a fűrészipari alapanyag, 14%-a forgácslap, farostlemez alapanyag, 1%-a furnér- és rétegelt lemezipari rönk.

A felsorolt hengeresfa feldolgozási területeken az alapanyaghoz kapcsolódóan a következő legfontosabb tevékenységi területeket szükséges megkülönböztetni (Denig, 1993):

- az alapanyag felmérése és osztályozása, a fa hibáinak felismerése alapján,
- minimális minőségi és mennyiségi károsodásokkal járó tárolás,
- a feldolgozás módjának kiválasztása (optimalizálás) a beszállított alapanyag minőségének függvényében, mely korlátozza és csökkenti a hibák hatását a feldolgozás kihozatalánál és az osztályozásnál.

Közismert, hogy a világon mindenhol csökkent a feldolgozható alapanyagmennyiség, -minőség és az átmérő-méret az elmúlt évtizedek intenzív fakitermelésének következtében. Ennek ellensúlyozására a feldolgozás mennyiségi és minőségi kihozatalát kell növelni, különféle új módszerek alkalmazásával.

Az előbbieken alapján egyértelmű, hogy a faanyag feldolgozásánál az egyik legfontosabb tényező, amit figyelembe kell venni, az alapanyag minősége, és ezen belül a faanyag

szöveti szerkezete, ezért szükséges a szöveti szerkezet eltérések vizsgálata. Ennek fontossága növekedett az elmúlt években, ugyanis felismerték az optimalizálás fontosságát a faanyag feldolgozás minden fázisában, egészen a késztermékig (Chiorescu és Grönlund 2000). A felismert és bemért faanyag szöveti jellemzők alapinformációt képeznek az optimális minőségi és mennyiségi kihozatal megvalósítását szolgáló technológiai döntések meghozatalánál.

A szakirodalomban azonban jelenleg meglehetősen kevés adat áll rendelkezésre a szöveti szerkezet eltéréseknek az elsődleges feldolgozási minőségre gyakorolt közvetlen hatásáról (Taylor és tsai. 1984). Ezen kívül a fűrészipari gyakorlatban kevés figyelmet szentelnek az alapanyag szöveti szerkezetének eltérései és a kihozatal közötti összefüggés részletes tanulmányozására.

A hagyományos módszerek hátránya, hogy a hengeres faanyagoknak csak a külső, látható szerkezeti rendellenességeit, eltéréseit mutatja meg. A feldolgozási optimalizálást általában az alapgép kezelője valósítja meg, az általa legmegfelelőbbnek tartott pozicionálással. Néha, akár véletlenül is beállíthatja az optimális változatot, de általában döntési képzettsége és tapasztalata függvényében többé-kevésbé különbözik a legjobb megoldástól és ezzel a fűrészüzemi mennyiségi és minőségi kihozatal csökkenését eredményezi (Taylor és tsai. 1984).

* Dr. habil. Hargitai László, tszv. egyetemi tanár, Gergely Lisette doktorandusz hallgató a NyME Fűrészipari tanszékén.

Az utóbbi években egyre elterjedtebbé vált a vizuális képfeldolgozó rendszerek használata és az adatok számítógépes feldolgozásának alkalmazása a vágásváltozatok meghatározásához, de a fűrészipari feldolgozás optimalizálása csakis úgy valósítható meg, ha az alapanyag, vagyis a hengeres faanyag belső fahibáinak felismerése és pontos bemérése során nyert információkat is figyelembe veszik a vágásmodell megállapításakor.

Több dolgozat foglalkozik a faanyag belső szerkezete ismeretének fontosságával és az ebből származó információk gyakorlati hasznosíthatóságával (Funt és Bryant 1987, Johansson és Liljebblad 1988, Wagner és Taylor 1989, Aune 1992, Öhman 1997, Chiorescu és Grönlund 2000, stb.). Az erdészeti fajtanemésítés fejlődésével és az epidémikus erdőkárak megjelenésével is előtérbe került a faanyag vizuálisan meg nem állapítható, belső tulajdonságainak tanulmányozása (nem látható fahibák, szöveti sajátosságok, sűrűség, kémiai tulajdonságok) (Molnár, 2000).

Az elmúlt évek fűrészipari kutatásai kimutatták, hogy a fűrészáru értéke megközelítőleg 10%-kal növelhető (Johansson és Liljebblad, 1988) ha ismertek a rönk belső fahibái, ugyanakkor a nem megfelelő minőségű rönkök ki is iktathatók a feldolgozásból ami energia és egyéb költség megtakarítást is eredményez. Ezt figyelembe véve az értéknövekedés meghaladhatja a 10%-ot. Keménylombos rönkök és hosszútűs fenyők feldolgozásakor a rönk belső fahibái és a vágásmodell közötti korrelációval 21%-os minőségi növekedést sikerült egyes kutatóknak megvalósítani (Wagner és tsai, 1989).

A nem látható szerkezeti eltérések, vagyis a belső fahibák felismerésére és mérésére alkalmazott módszerekkel szemben támasztott legfontosabb követelmények a következők (Szymani és McDonald 1981):

- megbízhatóság,
- gyors adatfelvétel, gyors számítógépes feldolgozás és az eredmények értelmezése,
- megfelelő érzékenység a fahibákra, szöveti szerkezet eltérésekre, ugyanakkor tartósság a termelési környezetben,
- megtérülő befektetési és működtetési költség,

- egyszerű operációs rendszer, amely nem igényel különlegesen képzett személyzetet,
- környezetbarát berendezés, amely ártalmatlan a kezelőre, a környezetre és a faanyagra.

A következőkben egy, a magyar faiparban kevésbé ismert és a fűrészipari gyakorlatban eddig nem alkalmazott, új, korszerű módszert mutatunk be, a mágneses magrezonancia (NMR, Nuclear Magnetic Resonance) alkalmazását, faanyagok vizuálisan nem érzékelhető szöveti szerkezetének vizsgálatára.

Történeti áttekintés

Edward M. Purcell és Felix Bloch vezette azokat a történelmi jelentőségű kísérleteket 1946-ban, amelyek a mágneses magrezonancia spektroszkópia megszületéséhez vezettek. Az elmúlt ötven év bebizonyította, hogy az NMR-spektroszkópia a molekulák szerkezetének és a molekuláris kölcsönhatások vizsgálatának rendkívül hatékony és sokoldalúan alkalmazható kutatási eszköze (Demeter 2000).

Folyamatosan bővülő alkalmazásaival az NMR-technika napjainkra önálló, multidiszciplináris tudománnyá vált, kulcsszerepe van a kémiai, biokémiai, gyógyszeripari, polimér és petróleumkutatásokban, valamint a mezőgazdasági kémia és az orvostudomány területén. Egydimenziós technikák alkalmazásával a vegyészek a kémiai szerkezetet tanulmányozzák, míg a két-dimenziós technikákat bonyolultabb molekulák szerkezetének megállapítására használják. Léteznek még módszerek háromdimenziós képalkotásra, valamint diffúziós együtthatók mérésére és tanulmányozására (Hornak 1999).

Több szakkönyv és tudományos folyóirat foglalkozik az mágneses rezonancia elméletével és gyakorlati alkalmazásaival. Több fizikai és két kémiai Nobel-díjat adományoztak olyan kutatóknak, akiknek munkája különböző mértékben kapcsolódik a mágneses magrezonancia jelenséghez.

Európában 1984-ben Zürichben alakult egy roncsolásmentes anyagvizsgálati munkacsoport, amely 1985-ben helyezte üzembe az első faanyagvizsgálóra alkalmas NMR berendezést (Kucera 1989).

Alapelv

A mágneses magrezonancia tomográfia a mágneses magrezonancia jelenségén alapuló képalkotó módszer. Az erős statikus mágneses térbe helyezett hidrogén atommagok, azaz protonok meghatározott frekvenciával rezgő mozgást végeznek és képesek bizonyos frekvenciájú rádióhullámok energiájának felvételére, majd a felvett energia rádióhullámok formájában történő leadására.

A vizsgálóberendezés erős statikus mágneses térbe helyezett rádióhullámú energiával gerjesztett vizsgált anyag a gerjesztés megszűnte után rádióhullámú energiát bocsát ki, ez az ún. MR-jel. Az MR-jel intenzitásának mérése, a vizsgált anyag különböző erősségű jelintenzitások pontos térbeli lokalizációja, valamint a jelintenzitások szűrkeségi skálával történő keresztmetszeti megjelenítése az MR-képalkotás alapja.

A mágneses magrezonancia tomográfia mint új tudományág sokoldalú, alapos matematikai és fizikai ismereteket igényel (Hornak 1999).

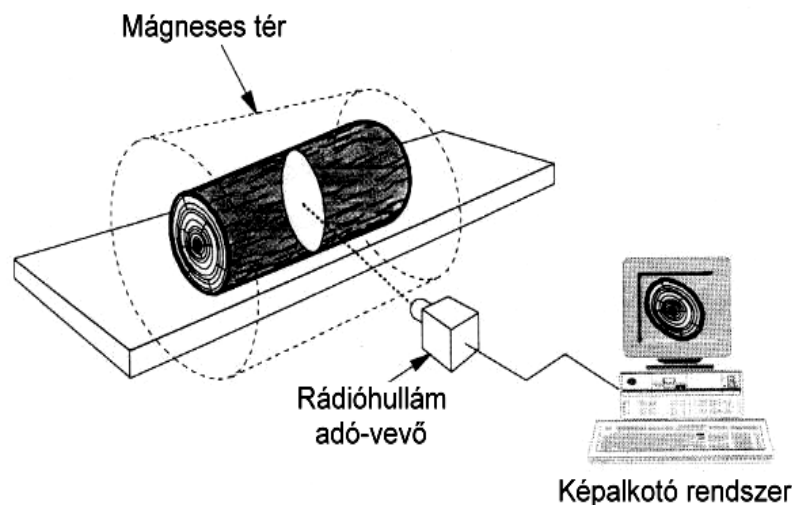
Elméletileg nemcsak hidrogén, hanem bármely páratlan számú protonnal rendelkező atom felhasználható, de a kereskedelemben kapható berendezések a hidrogént részesítik előnyben érzékenysége miatt (Chang és tsai 1989).

Az MR-jel gerjesztéséhez egyaránt alkalmazhatók „pulzáló”, valamint folyamatos rádiófrekvencia-jelek (JEOL USA, www.jeol.com).

A faiparban leggyakrabban a kémiai összetétel és a nedvességtartalom megállapítására használják, de a röntgen sugaras eljáráshoz hasonlóan alkalmas a belső fahibák kimutatását szolgáló rétegfelvételek készítésére is.

Irodalomjegyzék

1. Aune, J. E. 1992. *Scanning and Computing for Internal Log Sawing Solutions*. In: The Application of Advanced Informatics to the Forest Industry. May 25-27, 1992 Vancouver, British Columbia.
2. Chang, S. J., Olson, J. R., Wang, P. C. 1989. *NMR imaging of internal features in wood*. Forest Prod. J. 39(6):43-49.
3. Chiorescu, S., Grönlund, A. 2000. *Validation of a CT-based simulator against a sawmill yield*. Forest Prod. J. 50(6):69-76.
4. Demeter, A. 2000. *Az NMR-spektroszkópia alkalmazási lehetőségei a gyógyszertervezésben*. Magyar Tudomány 2000/11.
5. Denig, J. 1993. *Small Sawmill Handbook: Doing it Right and Making Money*. Miller Feeman Inc. San Francisco.
6. Funt, B., Bryant, E.C. 1987. *Detection of internal log defects by automatic interpretation of computer tomography images*. Forest Prod. J. 37(1):56-62.
7. Hornak, P.J. 1999. *The Basics of NMR*. <http://www.cis.rit.edu/htbooks/nmr>



1. ábra – A mágneses magrezonancia tomográfia (MRT) alapelve (Saint-André 1998)

8. Johansson, L., Liljebblad, A. 1988. *Some applications within the Project „quality Simulations of Sawn Logs”* Tratek rapport I 8806050, ISSN 02834634. In: Öhman, M. . Plank grade indicators in radiograph images of Scots pine logs. .
9. Kucera, L. J. 1989. *Current Use of the NMR Tomography on Wood at the Swiss Federal Institute of Technology: Overview and Outlook.* In: Proc. 7th International Symp. on Nondestructive Testing of Wood. Washington State University Pullman, Washington. pp. 209-219.
10. Molnár, S.(szerk.) 2000. *Faipari Kézikönyv I.* Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron, 2000.
11. Öhman, M. . *Plank grade indicators in radiograph images of Scots pine logs.* .
12. Saint-Andre, L. 1998. *Modélisation tridimensionnelle des profils de largeur de cerne dans un billion d'Épicéa commun (Picea abies Karst.) compte tenu de la mesure de son enveloppe externe et des caractéristiques dendrométriques usuelles de l'arbre d'origine.* Publication Equipe de Recherches sur la Qualité des Bois 1998/3, Décembre, p. 215.
13. Szymani, R., McDonald, K. 1981. *Defect detection in lumber: state of the art.* Forest Prod. J. 31(11):34-44.
14. Taylor, F. W., Wagner, F. G., McMillin, Ch. W., Morgan, I. L., Hopkins, F. F. 1984. *Locating knots by industrial tomography – A feasibility study.* Forest Prod. J. 34(5):42-46.
15. Wagner, F.G., Taylor F. W., Ladd D. S., McMillin, C.W., Fredrick, L. R. 1989. *Ultrafast CT scanning of an oak log for internal defects.* Forest Prod. J. 39(11/12):62-64.

A Hunter-modell alkalmazása az akác faanyag szorpciós izotermáinak jellemzésére

Németh Róbert[✧]

Characterisation of Black locust's sorption isotherms using the Hunter model

The sorption isotherms of wood have special significance in drying and in wood-moisture relations in general. Locust is a characteristic species in Hungary, and, nowadays, a raw material of quality products. Its high-value industrial utilisation is virtually impossible without steaming. Steaming changes not only the color, but sorption characteristics as well. One of the goals of this study was establishing the sorption isotherms of locust after various periods of steaming. In addition to heartwood, sapwood and juvenile wood isotherms (especially the fibre saturation point) were measured. The isotherms were analysed using the Hunter model. The experiments showed that this model estimates the modulus of rigidity and fibre saturation point of locust fairly accurately.

Bevezetés

A szorpciós izotermák kimérése a szárítási menetrendek kidolgozásánál rendkívüli fontossággal bír. A szárítás intenzitását ugyanis a szárítóközeg szárítási potenciálja, azaz a tényleges fanedvesség és az adott klímához tartozó egyensúlyi fanedvesség közti különbség döntő mértékben befolyásolja. Tekintve, hogy az atmoszférikus gőzölés során a gyakorlatban mindig a faanyag nedvesedésével kell számolni, ezen anyagokat szárítani is szükséges. A mai gazdasági környezetben a természetes szárítás időigénye miatt mindenképpen mesterségesen célszerű szárítani a fát. A hőkezelés azonban

módosítja a fa szerkezetét, kémiai összetételét, így egy új minőségű anyaggal állunk szemben, melynek indokolt meghatározni szorpciós jellemzőit a minél hatékonyabb szárítás biztosítása érdekében. Bár e munka keretében konkrét szárítási menetrendek kidolgozására nem került sor, a fentiek érzékeltetik, hogy a megcélzott eredményeknek tudományos jelentőségükön túl komoly gyakorlati hasznuk is van. Az izotermákat a Hunter elmélettel vizsgálva mutatjuk be a gőzölésnek a rosttelítettség nedvességtartalomra és a nyíró rugalmassági moduluszra gyakorolt hatását.

[✧] Németh Róbert egyetemi adjunktus a NyME Faanyagtudományi Intézetében