

ANYAGNEDVESSÉG, MINT A HIDROTERMIKUS FAANYAGKEZELÉS FONTOS TÉNYEZŐJE*

VERES PÁL
egyetemi adjunktus
EFE, Sopron

Bevezetés

A hidrotermikus faanyagkezelés a faanyag mechanikai, sok esetben kémiai feldolgozásának fontos része.

A hidrotermikus — továbbiakban „*ht*” — kezelés jelentőségét összetett hatása biztosítja. A kezelés hatásaként változik a kezelt anyag fiziko-mechanikai tulajdonsága, a mechanikai, a kémiai feldolgozás paramétere, a sterilizáltsága.

A *ht* kezelés azzal, hogy alkalmazásával biztosítható a faanyag tartósabbá tétele, a faanyag nemesítése, a feldolgozási és felhasználási célhoz a legelőnyösebb anyagjellemző, a *faanyaggal való takarékoság* gyakorlatának egyik legfontosabb eszköze. *Prioritása* a fafeldolgozási hulladék csökkentő hatásában, a *termelési és felhasználási selejt mérséklésében* is jelentkezik.

A *ht* kezelésnél egyidejű hő- és (anyag-) nedvességsere folyamatról beszélhetünk. Princípiumai még nincsenek olyan mértékben feldolgozva, amilyen mértékben ezt igényelné a tudományos kutatás s a kutatási eredmények hasznosítója: a gyakorlat. E tisztázatlanság döntő oka a kezelés során lejátszódó folyamat komplex jellege, szerteágazósága, rendkívüli idő és eszköz igényessége, valamint egy bizonyos szemléletbeli konzervativizmus.

A *ht* kezelésnél a faanyagnedvesség szerepet játszik a felmelegedésben, a faanyag kémiai és mikrostrukturális változásaiban, összefoglalóan a fiziko-kémiai, mechanikai és szerkezeti tulajdonságok alakulásában.

I. Faanyagkezelés során lejátszódó folyamatokról

A *ht* faanyagkezelésnek a gyakorlatban legáltalánosabban alkalmazott módja a szárítás, a gőzölés és a főzés, valamint az egyéb, ún. segédanyagokkal való kezelés.

A kezelés hatékonysága befolyásolható:

— kezelőanyag megválasztásával (pl.: víz, vízgőz, nitrogén ammónia, ammónium-hidroxid stb.)

* Az Erdészeti és Faipari Tudományos Ülésen 1980. február 28-án elhangzott előadás.

- kezelési paraméterekkel (pl. hőmérséklet, nyomás, rel. telítettség stb.)
- kezelendő anyag jellemzőinek megválasztásával (pl. méretek, nedvességtartalom, metszésirány stb.).

1.1 Hőcserefolyamat

A ht kezelésnél alkalmazandó hőmérsékleti értéket az elérendő cél, a választott kezelési mód, a fafaj és a kezdő nedvességtartalom indikálja. Ez érthető, hiszen más az optimális hőmérsékleti tartomány, ha célunk pl. a furnérgyártás, vagy a farostfeltárás, vagy éppen egy sterilizálás, ill. hajlítás.

A hő részt vesz a faanyag felmelegítési, nedvességtartalom megváltoztatási, a szilárdságsökkenetési, s egyéb folyamatokban. A faanyag alkotórészei hő hatására tulajdonságaikat időlegesen és maradandóan megváltoztathatják. A termikus változás erőssége arányos tehát a hőáram sűrűségével, a hőhatás időtartamával a folyamatban részt vevő víz, levegő és egyéb — gáz, vagy folyadék halmazállapotú — anyagok koncentrációjával, kémhatásával.

A. V. Likov (1) az anyagon belüli hőáram sűrűségvektor $\partial\tau$ időbeni divergenciáját a hőátviteli, folyadékátviteli és gőzátviteli potenciálok összegeként adja meg.

$$c_u \cdot \rho_0 \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} = \nabla(\lambda \cdot \nabla t) + c_f \cdot \rho_f \cdot v_f \cdot \nabla t + c_g \cdot \rho_g \cdot v_g \cdot \nabla t \quad (1)$$

Az összes faanyagra csak akkor válna érvényessé, ha anyagi jellemzőiben — a térfogat minden pontján — konstans lenne. A faanyag tulajdonságai a három fő anatómiai irányban eltérőek, így az 1. egyenlet értelemszerűen felírandó a főirányokra.

A hővezetés és hőmegoszlás vizsgálata lényegesen bonyolultabb, ha a vizsgálandó anyagot a hőátadó közeg minden oldalról körülveszi.

Az idő szerinti hőmegoszlás Fourier szerinti differenciálegyenletét J. D. Maclean (2) a faanyag mindhárom főirányát figyelembe véve az alábbiak szerint írja fel:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a_{||} \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + a_r \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + a_t \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \quad (2)$$

A kezelendő anyagnak a környező közegből átvehető hőmennyiségét az alábbi összefüggéssel határozhatjuk meg:

$$\frac{dQ}{d\tau} = \alpha \cdot F(t_k - t_n) \quad (3)$$

B. Löfgren kísérleti úton vizsgálta a hőátadási tényező áramlási sebességétől függő változását. Száraz levegőre, vízszintesen elhelyezett durva fafelületre a 4. összefüggést állította össze (3).

$$\alpha_1 = 24,5 \cdot v^{0,77} \quad (4)$$

Telített gőzzel való melegítésnél, ha a gőzhőmérséklet (t_g) magasabb, mint a melegítendő anyag hőmérséklete, tehát $t_g > t_a$, akkor gőzkondenzáció is bekövetkezik. Ekkor

$$\alpha_2 \approx \frac{\alpha_1}{4 \sqrt{(t_D - t_a)}} \quad (5)$$

Könnyen belátható, hogy a ht kezelésnél a kezelési idő függvényében változik az anyagon belüli hőmérsékleti, nedvességi és a gőznyomásgradiens értéke. Így a kezelő közeg és kezelendő anyag közötti és az anyagon belüli hőátvitel előbb leírt összefüggései módosulnak. Más határfeltételeket rögzítünk akkor, ha a hőhatás az anyag teljes keresztmetszetére, s ismét másokat, ha az anyag egy részére vonatkoztatjuk az 1., a 2. és a 3. összefüggéseket.

1.2 Anyagátviteli folyamatról

Az anyagátviteli folyamat differenciálegyenlete a hőátvitel egyenletének analógiájára felírható (1, 3, 4, 6.)

A szakirodalmak általában a Fick-féle diffúziós törvény analógiájára vezetik le a nedvesség-átvitelre vonatkozó összefüggést. Eszerint az anyagátvitel a faanyag három fő anatómiai irányára:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = w_{\parallel}^2 \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + w_r^2 \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + w_t^2 \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (6)$$

Az összefüggésben w^2 az anyagátviteli potenciál. Ez felírható K. Egner hőátviteli-diffuzivitási-tényező írásmódjával analógformában:

$$w^2 = \frac{k}{K \cdot \rho} \left(\text{analóg } a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \right) \quad (7)$$

L Vorreiter (5) szerint

$$k = f(\rho_0, U, d, v) \quad (7.a-1)$$

és

$$K = 0,32 (u_a + u_e) \quad (7.b)$$

A „ k ” érték meghatározására L. Vorreiter a következő összefüggést ajánlja:

$$k = m \cdot 10^{-10} \cdot t^{3,4} \cdot v^{0,6} \cdot u_a \cdot \frac{P_g}{P_a} \quad (7.a-2)$$

A 7.a-2 egyenletben „ m ” arányossági tényező, értéke meghatározható.

$$m = a_2 \cdot \sin \left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_H} \right]$$

Az „ a_2 ” arányossági szám értékénél L. Vorreiter figyelembe veszi az anatómiai irányokat, a kezelésnél alkalmazott hőmérséklettartományt.

A faanyagban bekövetkező nedvességcserénél — nedvességfelvételnél, ill. leadásnál — erősebb mértékben hatnak az ún. belső és külső erők, mint a hőcserénél. Ennek magyarázatát az adja, hogy hőcserénél elektromágneses rezgésekben megnyilvánuló energiaátadás következik be. A térben az elektromágneses rezgések könnyebben terjednek, mint a nedvességmolekulák.

A nedvességmolekulák a fatestben a faszövet elemeihez kapcsolódva helyezkednek el. A fatest szöveti elemei, a fa alkatelemei a molekuláris mozgást elősegíthetik, ill. gátolhatják már egyszerű strukturális szerkezetüknél fogva is. Nagyobb akadályt jelent az alkatelemek vízmolekulákkal szembeni affinitása, kötőereje. A hidrofíl szénhidrátok potenciális energiájuk egy részét adszorpciós hő formájában felszabadítják — és környezetüknek átadják — azért, hogy vízmolekulát tudjanak megkötni.

A vízkötésre vonatkozó megállapítás fordítva is igaz (1, 5, 6). A kémiailag kötött víz utolsó molekulái később választhatók le (cca. 160 °C körüli hőmérsékletre), mint ahogy a fa termikus bomlása elkezdődik.

A molekuláris nedvességmozgást akadályozza az a tény, hogy a tér irányában kiterjedésük — méretük — van. Így a vízmolekulát (d_{M_v}) átmérővel is jellemezhetjük.

Ha $d_{M_v} > d_{mk}$ a vízmolekula szabadvíz formában is bentmaradhat a fatest mikrokapillárisaiban (d_{m_v} = mikrokapill. átmérő). A fatestben az így „bentrekedt” nedvesség hőkezelés hatására a fatest anyagával együtt „rezeg”.

1.3 Együttes hő- és nedvességcsere

Az 1.1 és 1.2 fejezetekben vázolt folyamatok értékeléséből kitűnik, hogy a faanyagoknál a felmelegítés, ill. a hűtés, az anyagon belüli hőmozgás, az anyag és környezete közötti hőcsere szorosan kapcsolódik a nedvességtartalomhoz.

A nedvességmozgás egyik fontos motorikus ereje a (δ) termogradiens.

A nedvességcserénél mindig a molekulák statisztikus mozgásáról beszélünk, történjen az egyenként vagy tömegesen; gőzállapotban vagy folyadékállapotban a finom sejtközötti üregekben, ill. finom vagy durva edénynyalábokon keresztül.

Bár a hő- és vízcsere folyamata a faanyagok ht kezelésében sok esetben analógiát mutat, azonban jelentős különbségek is kimutathatók. Ilyen különbség pl. az izotermák hiszterézisében nyilvánul meg, amely a nedvességfelvétel, ill. nedvességleadás kémiai-fizikai reakcióinak eltérőségére vezethető vissza.

A fa alkatelemeinek a vízmolekulákkal szemben eltérő magatartásuk miatt a hőcserével ellentétben a nedvességcsere nem jellemezhető egyszerűen a Carnot-féle körfolyamattal.

Tekintve, hogy a ht kezelés bármelyik formájánál a hő- és nedvességcsere folyamata a faanyagban egyidejűleg következik be, s a belső és külső erők közötti bonyolult összefüggések miatt a folyamat időtartama, a mennyi-

ségi és minőségi átalakulások matematikai formában történő kifejezése igen bonyolult és nehézkes, a gyakorlat tapasztalati függvénykapcsolatokat s egyenleteket alkalmaz a folyamat jellemzésre.

2. Nedvességtartalom kiemelkedő szerepe

A ht kezelés során a faanyag megváltoztatja színét, nedvességgel szembeni affinitását, zsugorodási és duzzadási készségét, szubmikroszkopikus szerkezeti részeket összetartó erők nagyságát. Megváltozik a kohéziós erő és az anyagon belüli belső súrlódó erő is. A belső súrlódó erők megváltozása gyorsítja az erőegyensúly megbomlásából eredő alakváltozást.

A fa tehát a hő és nedvesség együttes hatásaként plasztikusabbá válik.

A hő- és nedvességsere hatásaként kialakult tulajdonságváltozások időszakosak, tartósak, ill. maradandóak lehetnek.

A hő- és nedvességsere eredményeként a fában előnyös és hátrányos — esetleg káros — változások is jelentkeznek. Az előnyös vagy hátrányos értékelés általánosságban szubjektív, a kezelt fa további hasznosítása szempontjából viszont nagyon is objektív. Pl. a farostlemez, a papír gyártása szempontjából a gyártástechnológiákból eredően a kohéziós erő minimalizálása minőségi, energetikai, gazdaságossági stb. okokból ésszerű elvárás annak ellenére, hogy a fa tartószerkezetként való felhasználásánál a legkisebb mérvű maradandó kohéziós erő csökkenés káros.

A ht kezelés hatékonyságát, alkalmazásának korlátját a felhasználási cél határozza meg. Ebből a megítélésből következik, hogy a ht kezelés célja az előírt tulajdonságváltozás biztosítása a hátrányos tulajdonságváltozás minimalizálása mellett.

3. Optimális nedvességtartalom megítélése

A ht kezelésnél lejátszódó hő- és nedvességsere folyamat hatékonysága a kezelendő faanyag és az azt körülvevő közeg hőmérsékletének és nedvességtartalmának függvénye.

Az optimális faanyagnedvesség-tartalomról csak a gőzöléses anyagkezelés szempontjából kívánok megemlékezni.

A gyakorlat normál körülmények közötti gőzöléshez telített gőzt alkalmaz, melynek hőmérséklete 95—100 °C. Alacsonyabb, ill. magasabb hőmérsékletet, s a gőzölőtérnek 100% alatti páratartalmát akkor alkalmazzák, ha a gőzölési folyamatot lassítani, ill. gyorsítani, a kezelés hatásosságát nyújtani, ill. gyorsítani szeretnék.

Az anyag kezdő nedvességtartalmával kapcsolatos gyakorlati előírások ellentmondóak, s tág határt ölelnek fel.

3.1 Gőzölési cél szerinti nedvességtartalmi értékek áttekintése

Az alábbiakban a legfontosabb gőzölési szabályok közlése nélkül áttekintést szeretnénk adni a javasolt, ill. legkedvezőbbnek ítélt nedvességtartalmi értékekről a külföldi és hazai gyakorlat figyelembevételével.

a) Faanyag gőzölése furnérgyártáshoz

A. Kuhlmann (7) szerint: „Az egyetlen — gyakorlat által megerősített — adat arra mutat, hogy a hámozási rönk víztartalma hámozás előtt általában a rosttelítettségi tartományon felül van”.

F. Kollmann (6) szerint a furnérgyártásra alkalmazott gőzölésnél a faanyagnak minimálisan 50% nedvességgel kell rendelkeznie, egyébként melegvizes permetezést vagy túltelített — nedves — gőzzel nedvesítési szakaszt kell beiktatni.

G. A. Seidel (9) különbséget tesz a 20 ~ 25 és 50% kezdőnedvességű faanyagok felmelegítési sebességében.

A hazai gyakorlat 50% feletti fanedvességtartalmat tekinti optimálisnak furnérgyártáshoz [10, 11].

Az ún. furnérfák gőzölésénél az 50 ~ 55% kezdőnedvességtartalom optimálisnak akkor tekinthető, ha a gőzölésnek nem célja a színváltozás, s az alkalmazott hőfok $t_g \geq 100$ °C.

Színváltozási igénynél, s $t_g = 100$ °C esetén a kezdőnedvesség opt. értéke $u \approx 35-40\%$. Így elkerülhetők a rönkök belső repedései.

b) Fűrészáru gőzölése színváltozás és sterilizálás érdekében

L. Vorreiter (5) szerint minden fafajú és választékú fűrészárut, mely kb. 18% feletti nedvességgel rendelkezik, rögtön a felfűrészelés után gőzölnek, hogy megvédjék a penészedés, a kékülés, a fülledéssel szemben, vagy; hogy kezdő színváltozást érjenek el, ill. megakadályozzák a fa alakváltozásait.

Falek és Lutz szerint a gőzölésre kerülő fafajnak lehetőleg frissnek, minimálisan $u = 40\%$ nedvességtartalommal kell rendelkeznie, különben foltosodással kell számolni.

A magyar szabvány szerint a fűrészáru nedvességtartalma lehetőleg 30%, vagy annál több legyen.

A gőzölési folyamatot befolyásoló tényezőkre vonatkozó vizsgálataimból kiderült, hogy indokolatlan a 30% feletti kezdő fanedvesség fűrészáru gőzölésénél, mert a szín alakulását nem, a gőzölés időtartamának alakulását 5—10% mértékben befolyásolják.

c) Hajlítás céljából történő gőzölés

A fa kezdeti nedvessége a hajlítási törésveszély csökkenése miatt gőzölésnél nem lehet kisebb 13%-nál, s nem lehet nagyobb 30%-nál. (6, 8, 13, 14). A 17%-nál kisebb fanedvességű anyagnál a főzés célszerűbbnek bizonyulhat (6, 15, 16).

A hajlíthatóság érdekében végzendő gőzölésnél általában $t_g > 100$ °C hőmérsékletet alkalmaznak. Az irodalmi adatok alsó értékeinél — $u \approx 13$ —16% — kiszáradás veszélyével lehet számolni. A 30% feletti fanedvesség a magasabb hőmérséklet következtében belső repedések keletkezésének, eltérő nedvességtartalmú góccok kialakulásának lehetőségét eredményezheti.

Vizsgálataink szerint — fafajtól és hőmérséklettől függően — a gőzölési célt $u \approx 20$ —25%-nál érhetjük el legelőnyösebben.

d) Különleges célú gőzölés

A különleges célú gőzölés csoportjába a farost, a cellulóz, a különböző kémiai fafeldolgozás érdekében végzett gőzölést soroltam. A fanedvességtartalmi igény 15—35% között változik. Egyedileg értékelendő a tényleges fanedvesség a rostfeltárás során követett technológiával összefüggésben.

3.2 Optimális nedvességtartalom ismeretének fontossága

A gőzöléses ht kezelést mint az előzőekből az kiderült, igen eltérő célok biztosítása érdekében végezzük. A folyamatvégzés szempontjából fontos kezelési paraméterek előírása a kezelésbe vett anyag állapotától függ.

A szükségesnél magasabb nedvességtartalom hátrányai az alábbiakban foglalható össze:

- Nő a technológiai kezelésbe bevont anyag tömege.
- A nagyobb anyagtömeg felmelegítése több hőmennyiséget igényel.
- A gőzölés folyamatában is érvényesülni igyekszik a higroszkopikus egyensúlytörvény. A folyamat során a faanyag többletnedvességének egy részét leadja — szárad — ami többlet hőigényt eredményez.
- A felmelegedés időtartama megnő részben a lassúbb hőfokemelés, részben a megnövelt tömeg hatásaként.
- A szükségesnél magasabb anyagnedvesség hatékonyabb képlékenységet, erősebb elszíneződést, magasabb belső nyomást eredményezhet, ami gőzölési hibaként felróható.

Az alacsony nedvességtartalom hátrányai:

- Nedvesítés igénye a kívánt mértékre.
- Egyenetlen felmelegedés, hőmegoszlás, ami a gőzölt faanyag foltosodását eredményezheti.
- Az előírt képlékenység, színtónus, rostfeltárás csak hosszabb idővel, magasabb hőmérséklettel biztosítható.

Az optimális nedvességtartalom szoros kapcsolatban van az előbb említettekben keresztül a kezelés költségével, a kezelés időszükségletével s a kezelés utáni anyagminőséggel.

3.3 Akác parkettlécra vonatkozó gőzölési kísérlet az optimális nedvességtartalom vizsgálatára

A kísérlethez 4 származási helyről begyűjtött akácfa parkettlécet használtam.

A származási helyek anyagát először egalizált kezdőnedvességtartalommal, s konstans technológiai paraméterekkel gőzöltem, s a színváltozást vizsgáltam.

A kísérlet egyértelműen bizonyította a származási helyek hatását a gőzölés utáni színeltérésekre. Tájékoztatást nyújtottak arra is, hogy lehetséges olyan származási hely csoportosítást eszközölni, melyek egyszerre gőzölés esetén is a legkisebb színeltérést mutatják kezelés után.

Vizsgáltam a 15, 20, 25 és 32% nedvességtartalom hatását a színváltozásra a kezelési idő függvényében.

E vizsgálatból kiderült:

- a) Gőzölési idő növelését alkalmazni a színeltérések csökkentésére csekély eredményt ad. Az időnövelés minőségsökkenést eredményez.
- b) Minimális meghibásodást akác parkettléc gőzölésénél a 25—28%-os kezdőnedvességtartalom biztosít.

4. Összefoglalás, értékelés

Tanulmányomban a hidrotermikus kezelés során lejátszódó hő- és nedvességcsere folyamatának meghatározási módján keresztül bemutattam az anyagban, valamint a kezelésnél alkalmazott közegben levő nedvességtartalom befolyását mind a hőcserére, mind a nedvességcsereére.

Rövid tájékoztatást adtam a faanyagok gőzölésénél alkalmazott kezdőnedvességtartalmi értékekről az irodalom és hazai gyakorlat tükrében. Ezen részben utaltam a lehetőségem kihasználásával végzett, a gőzölési technológia fejlesztésére irányuló kutatási eredményeimre.

A számszerűség mellőzésével, pontokban foglalva érzékeltettem az optimális nedvességtartalomtól való eltérésnek technológiára, gazdaságosságra és minőségre gyakorolt hatását.

Ismerttettem egy fafajra, az akácra a gőzölési kísérleteimből levonható fontosabb megállapításaimat.

Végkövetkeztetésként rögzíthető:

- Helytelen az a gyakorlat, melynek mottója: nem követhetek el nagy hibát, ha a gőzöléshez a kezdőnedvességtartalmat úgy írom elő, hogy az a

- faanyag rosttelítettési határa — $u \approx 30\%$ — felett legyen. (ui. 30% felett van a nedvességtartalom akkor is ha $u \approx 35\%$, de akkor is ha $u \approx 110\%$.)
- A kezdőnedvesség pontatlan előírása, ill. a kezdőnedvességhez nem igazodó kezelési paraméterek $30 \sim 35\%$ -os minőségromlást is eredményezhetnek. A minőségromlás főleg a külső és belső repedésekre, a deformációkra vezethető vissza.
 - A gőzöléses anyagkezelés azzal, hogy a primer faválaszték jobb hasznosítását segíti, a takarékos fagazdálkodás egyik legfontosabb eszköze.
 - A gőzöléses faanyagkezelési technológiák vizsgálata és fejlesztése jövedelmező befektetés a takarékos fafelhasználásra irányuló tevékenységek sorában.

IRODALOM

1. A. V. Likov: Szárítás elmélete 1950.
2. J. D. MacLeon: Forest Prod. Lab. Rep. R. 1654 Madison 1947.
3. J. S. Cammerer: Wärme- und Kälteschutz in der Industrie 3. Aufl. Berlin 1951.
4. V. V. Kafarov: Az anyagátadás alapjai MK. Bp. 1967.
5. L. Vorreiter: Holztechnologisches Handbuch Band I., II., Wien 1958.
6. F. Kollmann: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe Band I., II. Berlin 1955.
7. A. Kuhlmann: Holz als Roh- und Werkstoff 1962. 6. sz. 224–235 o.
8. B. Gonet: Przemysł Drewny 1962. 13. sz. 25–27. o.
9. G. A. Seidel: Forest Prod. Research soc. Rep. No 221 1952.
10. Cziráki J.: Falemezgyártástan Egy. Jegyz. 1963.
11. MSz. 13351.
12. R. Falch és H. Lutz: Forstarchiv S. 1929. 466 o.
13. A. Prodehl: Disszertáció Techn. Hochsch. Drezda 1921.
14. E. C. Peck: For. Prod. Lab. Rep. Nr D. 1764. Madison 1950.
15. E. Kiviama: Valt. Techn. Tutkimuk Nr 54 Helsinki 1948.
16. F. Fessel: Holz als Roh- und Werkstoff 1951. 2. 56. o.

JELÖLÉSEK

- c = fajhő (állandó nyomáson) kJ/kg°
 ρ = sűrűség ($\text{kg/m}^3 \text{ V}$)
 γ = 1,5 sejtfalsúly (kg/m^3)
 λ = hővezetési tényező (W/m°)
 v = áramlási sebesség (m/sec)
 ∇t = hőmérsékleti gradiens
 t = hőmérséklet ($^\circ\text{C}$)
 τ = idő
 a = diffuzivit. tényező $\left(\frac{\lambda}{c \cdot \rho}\right)$ (m^2/sec)
 x = hossz-
 y = sugár-
 z = érintő-
 } irányban, a test súlypontjából a vizsgált pontig mért távolság (m)
 Q = hőmennyiség
 α = hőátadási tényező (W/m^2°)
 F = felület (m^2)
 k = nedvességvezetési tényező ($\text{kg/m} \cdot \text{sec}$)
 K = specifikus nedvesség (kg/kg)
 u = nettó fanedv. (kg/kg)
 d = anyagközéptől a nedvességáramlás irányában eső — vizsgált pontig mért távolság (m)

$$\delta = \text{termogradiens} = \frac{\partial u}{\partial t}$$

P = gőznyomás (Pa)

a_2 = szorzó faktor

π = Ludolf féle szám (3,14)

Index (lábjel)

o = absz. száraz

u = u — nettó — nedvesség

f = folyadék

g = gőz

π = rosttal párhuzamos

r = sugár, v. radiális

t = érintő, vagy tangenciális

k = közeg

a = anyag

e = egyensúlyi

\bar{a} = átlag